

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie  
Direktorin: Prof. Dr. med. dent. habil. Rosemarie Grabowski  
Der Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
„Hans Morat“ Universität Rostock  
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. habil. H. v. Schwanewede

**"Wachstumsprognose im Rahmen einer Familienuntersuchung -  
eine Langzeitstudie"**

Inauguraldissertation  
zur  
Erlangung des akademischen Grades  
(Dr. med. dent)  
der Medizinischen Fakultät  
der Universität Rostock

vorgelegt von  
Ibrahim Jouni  
Damaskus (Syrien)  
Rostock, 2009

**Dekan: Prof. Dr.med. Emil Christian Reisinger**

- |              |  |
|--------------|--|
| 1. Gutachter | Prof.Dr.med.dent Rosemarie Grabowski - Universität Rostock |
| 2. Gutachter | Prof. Dr. Dr.med Volker Bienengäber - Universität Rostock  |
| 3. Gutachter | Prof. Dr.med.dent Emil Witt - Universität Würzburg         |

Tag der Promotion	14.10.2009
-------------------	------------

## **Inhaltsverzeichnis**

1.	Einleitung und Zielstellung	1
2.	Determination des Gesichtsschädelwachstums	3
2.1.	Einflussfaktoren	3
2.1.2.	Bewertung genetisch determinierter Gesichtschädelstrukturen	4
2.2.	Zwillingsuntersuchungen Familienuntersuchungen	4
2.2.1.	Zwillingsuntersuchungen	4
2.2.2.	Familienuntersuchungen	7
2.3.	Erbliche Gesichtsschädelstrukturen und ihre Bedeutung für die Wachstumsprognose	8
2.3.1.	Strukturelle Analysen	10
2.3.2.	Metrische Analyse	11
2.4.	Zunge, Zungenlage und Pharynx als besondere Wachstumsfaktoren	13
3.	Eigene Untersuchungen	15
3.1.	Probanden/Patienten	15
3.2.	Methoden	16
3.2.1.	Die strukturelle Analyse	17
3.2.1.1.	Festlegen der Ähnlichkeit durch Symphysenvergleich	17
3.2.1.2.	Strukturelle Analyse zur Ermittlung der Unterkieferrotationsrichtung	18
3.2.2.	Metrische Kephalometrie	20
3.2.2.1	Definition der verwendeten kephalometrischen Parameter	20
3.2.2.2	Ermittlung der Unterkieferrotationsrichtung	24
3.2.3.	Weichteilanalyse	26
3.2.3.1	Zungenlage	26
3.2.3.2	Der pharyngeale Raum	27
3.2.4.	Sagittale Okklusionsbeziehungen, Overjet und Overbite, Bisslage	28
3.2.5.	Gruppenvergleiche	29
3.2.6.	Datenverarbeitung	30
3.3.	Ergebnisse	32
3.3.1.	Bestimmung der Ähnlichkeit mittels Symphysenvergleich	32
3.3.2.	Strukturelle Analyse	35
3.3.3.	Metrische Kephalometrie – Vertikale Analyse	38
3.3.4.	Ermittlung der Unterkieferwachstumsrichtung	42
3.3.5.	Weichteilanalyse	43

3.3.5.1.	Zungenlage	43
3.3.5.2.	Pharynxweite	45
3.3.6.	Die sagittalen Okklusionsbeziehungen	47
3.3.6.1.	Bisslage	47
3.3.6.2.	Overjet	50
3.3.7.	Vertikale Okklusionsbeziehungen – Overbite	52
4.	Vergleich der Ergebnisse der Weichteilanalyse mit den sagittalen Okklusionsbeziehungen	54
4.1.	Die vergrösserte sagittale Frontzahnstufe	54
5.	Familienbeispiele	57
6.	Diskussion der Ergebnisse	74
7.	Zusammenfassung	81
8.	Literaturverzeichnis	83
	Thesen	

## **1. Einleitung und Zielstellung**

Die individuellen Wachstumsfaktoren beeinflussen die kieferorthopädische Behandlung von Dysgnathien bei Kindern und Jugendlichen erheblich. Sie können die Therapie sowohl unterstützen als auch behindern. Auch die Stabilität des Behandlungsergebnisses hängt nicht nur von den angewendeten Therapiemitteln ab, sondern auch von der Beachtung der Richtung und der Intensität des zu erwartenden Wachstums sowie funktioneller Einflüsse.

Bis in die 50er Jahre wurde das Fernröntgenseitenbild lediglich zur Unterstützung und Untermauerung der kieferorthopädischen Diagnose im Sinne der Feststellung von den jeweils vorliegenden Strukturmerkmalen benutzt (Korkhaus 1952, van der Linden 1966). Erst später wurde die Fernröntgenaufnahme auch zur Erstellung von Wachstumsprognosen verwendet (Björk 1955, 1963, 1969, Sassounie und Nanda 1964, Rakosi 1969, Odegaard 1970, Hirschfeld und Moyers 1971, Hasund 1974, Ricketts 1977, 1978, Sergl 1978, 1972, Klink-Heckmann 1979, Grabowski 1983, 1988, u.v.a.).

Eine exakte Vorhersage des Ablaufs der pubertären Wachstumsphase sowie die Vorhersage von Richtung, Intensität und zeitlichem Ablauf des Wachstums lassen sich aufgrund von Standards nur schwer gewinnen (Harris et al. 1975, Harris und Kowalski 1976). Die einzelnen Faktoren für das individuelle Wachstum liegen in genetischen Faktoren, Umwelteinflüssen, myofazialen Funktionen und hormonellen Komponenten (Korkhaus 1952, Lundström 1954, Schwarz 1955, Horowitz et al. 1960, Osborne 1963, Hausser 1961, 1976, van der Linden 1966, Schulze 1969, 1973, 1982, Byloff-Clar 1970, Salzmann 1977, Skopakowa 1977, Marcovic' 1978, Rassel 1978).

Unbestritten ist die Dominanz der erblichen Komponente im Aufbau des Gesichtsschädels, so dass Familiennormen den gebräuchlichen Populationsnormen weit überlegen sein müssen (Luder 1977).

Deshalb ist es die Zielstellung der vorliegenden Arbeit, der erblichen Komponente im Aufbau des Gesichtsschädels nachzugehen und zu prüfen, ob für kieferorthopädische Fragestellungen die von Harris et al. (1975) empfohlene Ableitung einer Wachstumsprognose aus dem Fernröntgenseitenbild der Eltern, bei nicht eindeutig zuordenbarem Wachstumsmuster der Kinder, eine Verbesserung und Erleichterung der Vorhersage mit einfachen und praktikablen Mitteln darstellt.

Die Bestimmung des ähnlichen Elternteils durch den Symphysenvergleich erlaubt nach

der Rostocker Familienstudie (Heydenreich 1994) eine Prognose des Gesichtsschädelaufbaus des Kindes während des Zahnwechsels. Ferner stellte Heydenreich fest, dass Strukturmerkmale einen besseren Vorhersagewert als vertikale Parameter der kephalometrischen Analyse haben.

Die eigenen Untersuchungen dienen der Beantwortung der Problematik, ob diese Strukturmerkmale, die die Wachstumsrotation der Mandibula bei jungen Kindern zu dem ähnlichen Elternteil vorhersagen, am Ende der Gebissentwicklung des Kindes noch Bestand haben und ob sie unabhängig von dem Einfluss einer kieferorthopädischen Behandlung sind.

Zielstellung der eigenen Studie:

1. Erstellen einer Wachstumsprognose von Kindern vor kieferorthopädischer Therapie im Zusammenhang mit dem vertikalen Gesichtsaufbau der Eltern
2. Prüfung, ob nach fünf Jahren am Ende der Gebissentwicklung die Wachstumsprognose vor kieferorthopädischer Therapie noch zutrifft.
3. Prüfung des Zusammenhanges von vertikalem Gesichtsschädelaufbau mit sagittalen Parametern der Bisslage
4. Abhängigkeit der Wachstumsprognose von Ruheweichteilbeziehungen als funktionellem Einfluss
5. Prüfung des Therapieergebnisses von Bisslagekorrektur und Veränderungen der Ruheweichteilbeziehungen in Abhängigkeit vom vertikalen Gesichtsschädelaufbau.

## **2. Determination des Gesichtsschädelaufbaus**

### **2.1. Einflussfaktoren**

Unbestritten ist heute, dass sowohl genetische als auch exogene Faktoren, wenn auch mit unterschiedlicher Intensität, Ursachen der Dysgnathien sind (Korkhaus 1952, Lundström 1954, Schwarz 1955, Horowitz et al. 1960, Osborne 1963, Hausser 1961, 1976, van der Linden 1966, Schulze 1969, 1973, 1982, Byloff-Clar 1970, Salzmann 1977, Skopakowa 1977, Marcovic' 1978, Rassel 1978).

Das genetische Material legt die individuelle Reaktionsgrenze fest, in der der Körper auf Umwelteinflüsse reagiert, so dass der resultierende Phänotyp das Ergebnis des Zusammenwirkens von genetischen und Umweltfaktoren ist (Osborne 1963, Luder 1977, Graf 1979).

Diese Einheit von endogenen und exogenen Faktoren im komplizierten, qualitativ und quantitativ stark wechselnden Zusammenspiel, wird als polygenetisches multifaktorielles System bezeichnet (Hunter et. al. 1970, Nakata et al. 1973, Harris et al. 1973, Luder 1977, Schulze 1982).

Gleichartige Umwelteinflüsse können sich in Abhängigkeit von der "Qualität" der Erbanlagen sehr unterschiedlich auf die Entwicklung des orofazialen Systems auswirken (Graf 1979). Erweist sich die Erbanlage gegenüber belastenden Umwelteinflüssen als widerstandsfähig, so ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass letztere zur Entwicklung einer Dysgnathie führen.

Allgemein anerkannt ist die Tatsache, dass nur langfristig einwirkende funktionelle Reize und eine normale Funktion zu einer optimalen und harmonischen Ausbildung der erbmäßig bedingten Grundformen führen (Duysens 1952, Björk 1963, Hausser 1964, Enlow und Harris 1964, Watnik 1972, Salzmann 1972, Harris 1973, Björk und Skieller 1977, Grabowski 1983). Auch die Entwicklung des Gesichtsschädels darf nur im Zusammenwirken von Erbe, Umwelt und Funktion gesehen werden (Duysens 1952, Schwarz 1955, Hetzel 1973, Moorrees und Neumann 1973, Droschel 1974, Burdach Berger 1976, Graf 1979, Grabowski 1983, Fränkel 1984).

Eine zentrale Stellung und einen entscheidenden formgebenden Einfluss auf die regelrechte Ausbildung der Schädelstrukturen übt die Größe, Lage und Funktion der Zunge beim Schlucken, Sprechen und Atmen aus (Korkhaus 1952, Borchers 1975, Klink-Heckmann und

Bredy 1980, Grabowski 1983).

"Die Funktion dürfte sich also auf die vertikale Entwicklung des aufsteigenden Unterkieferastes auswirken, indem sie das kondyläre Wachstum begrenzt und das Wachstum am Kieferwinkel fördert" (Sergl 1973).

### **2.1.2. Die Bewertung genetisch determinierter Gesichtsschädelstrukturen**

Die Kenntnis von Wachstumsvorgängen und Entstehungsbedingungen der Zahnstellungs- und Bissanomalien sind für ein zweckmäßiges kieferorthopädisches Behandlungsvorgehen sowie insbesondere für eine Verhütung von Gebissfehlbildungen von entscheidender Bedeutung (Jörgensen und Schulze 1973).

Die Ätiologie rein monogener Leiden sowie der ausschließlich auf Umwelteinflüssen beruhenden ist leicht bewertbar. In der kieferorthopädischen Praxis haben beide eine untergeordnete Bedeutung.

Schwieriger ist die Merkmalszuordnung bei Anomalien, die durch die Wechselwirkung von Erbanlagen und Umwelteinflüssen entstanden sind.

Hilfreich sind hier Zwillings-, Familien-, Geschwister- und Rassenuntersuchungen, die auch kieferorthopädisch relevante Fragestellungen der Schädel- und Gebissentwicklung klären halfen (Stein et al. 1956, Krogmann 1968, Harris und Kowalski 1976, Luder 1977, Saunders et al. 1980, Christiansen-Koch 1981, Schulze 1982). Unter den durchgeführten Rassenuntersuchungen liegen in den letzten Jahren keine kieferorthopädisch relevanten und statistisch gesicherten Untersuchungen vor. Es handelt sich vielmehr um eine Auswahl einzelner Kasuistiken (Korkhaus 1940, 1952, 1964, Stein et al. 1956, Eichler 1961, Hausser 1964, Goodman 1965, Lieb, 1966, Hennis 1967, Krogmann 1968, Zieglmayer 1973, Dudas und Sassouni 1973, Schulze 1982, Loevy 1983).

## **2.2. Zwillingsuntersuchungen Familienuntersuchungen**

### **2.2.1 Zwillingsuntersuchungen**

Die Zwillingsforschung beruht auf dem Unterschied zwischen eineiigen (EZ) und zweieiigen (ZZ) Zwillingen. Für eine exakte wissenschaftliche Auswertung ist ihre eindeutige Trennung unerlässlich (Dudas und Sassouni 1973, Schulze 1973, 1975, Hunter 1965, Kraus et al. 1959, Levering 1968, Watnik 1972, Arya et al. 1973 und Nakata et al. 1973, 1974).



Aufgabe und Ziel von Zwillingsuntersuchungen ist es erstens, Ähnlichkeitsbeziehungen eines untersuchten Merkmals bei ein- und zweieiigen Zwillingspaaren miteinander zu vergleichen, um den Anteil von Erbfaktoren, die zur Ausbildung bestimmter multifaktoriell bedingter Krankheiten und Anomalien geführt haben, isolieren zu können. Da die Paare von ein- und zweieiigen Zwillingen in der Regel gemeinsam und unter annähernd gleichen Milieufaktoren aufwachsen, folgt aus einer statistisch signifikanten Verschiedenheit (Diskordanz) eines Merkmals bei EZ, dass dieser Unterschied erbbedingt ist. Andererseits sind Erbfaktoren nicht nachweisbar, wenn das Diskordanz-Konkordanzverhältnis gleich ist.

Es kommt somit auf den Unterschied im Konkordanzgrad an (Schulze 1973). Hohe Konkordanzunterschiede zwischen EZ und ZZ sprechen gegen monogene und für eine polygene bzw. multifaktorielle Ätiologie. Ist die Übereinstimmung (Konkordanz) EZ um mindestens viermal höher als die von ZZ (Penrose zit. bei Schulze und Wiese 1965). So wird eine polygene bzw. multifaktorielle Ätiologie des Merkmals angenommen (Jörgensen und Schulze 1973, Schulze 1973, Horowitz et al. 1960).

Die zweite wichtige Aufgabe der Zwillingsuntersuchungen besteht in einer Diskordanzanalyse von prä- und postnatalen Umwelteinflüssen auf die Entwicklung bestimmter Merkmale bei EZ (Cilasun 1982, Osborne 1963, Nakata 1973, 1974, Markovic' 1978, Korkhaus 1952, 1971, Hunter 1965, Goodman 1965, Salzmann 1972, Schulze 1973). Grundlage ist die morphologische Übereinstimmung (Konkordanz) des Merkmals bei eineiigen Zwillingspaaren, die als größtenteils erbbedingt angenommen wird.

Stimmen EZ in ihrem Körperbau nicht überein (Diskordanz), so wird dies unterschiedlichen Umwelteinflüssen zugeschrieben (Korkhaus 1940, 1952, Levering 1968, Luder 1977, Osborne 1963).

Nur in Ausnahmen kann diskordantes Verhalten mit Manifestationsschwankungen eines erblichen Merkmals erklärt werden. Der Anteil exogener Faktoren an der Merkmalausprägung kann somit an diskordanten EZ erkannt werden (Jörgensen und Schulze 1973, Schulze 1973, Korkhaus 1952, Osborne 1963, Christiansen-Koch 1981).

Liegen longitudinale Angaben vor, kann die Zwillingsmethode zur Untersuchung der erblichen Größenzunahme während des Wachstums genutzt werden (Moorrees und Neumann 1973, Klink-Heckmann 1977).

Zwillingsuntersuchungen, die die Frage zu klären haben, ob Erbfaktoren überhaupt in Frage kommen, sind dagegen ungeeignet, etwas über einen speziellen monogenen Erbgang

auszusagen (Osborne 1963, Cilasun 1982, Markovic' 1978, Levering 1968, Schulze 1973). Allenfalls könnte das Ergebnis von aufschlussreicheren Familienuntersuchungen bestätigt werden (Christiansen-Koch 1981).

Die wissenschaftliche Erbforschung konnte sich erst durch exakte Zwillingsuntersuchungen weiterentwickeln. Einen entscheidenden Anteil an der konsequenten Entwicklung lieferten die Veröffentlichungen von Korkhaus (1940, 1952, 1961, 1964, 1971), der insgesamt 100 ein- und zweieiige Zwillinge untersucht und dokumentiert hat. Aufgrund seiner Befunde ist es ihm gelungen, auf breiter Basis zu manifestieren, was durch Publikation über Einzelfälle zwar bekannt, aber nicht wissenschaftlich gesichert war. Von ebenfalls beachtlichem Umfang und hohem wissenschaftlichen Nutzen sind die Untersuchungen von Hausser 1976, Lundström 1954, Horowitz et al. 1960, Klink-Heckmann 1977, Konzaczek und Lazarkiewicz 1970, Kraus et al. 1959, Marovic' 1978, Schulze 1973, 1982 und Tammoscheit 1976).

Zu den am häufigsten durch Zwillingsuntersuchungen nachgewiesenen erblichen Strukturen des menschlichen Gesichtsschädels gehören die Form, Größe, Struktur, Lage und Farbe der menschlichen Zähne sowie die Länge, Form und Breite der Zahnbögen und Kiefer (Korkhaus 1940 und 1952, Lundström 1954, Praeger und Ritter zit. bei Brendemühl. et al. 1973, Markovic' 1978, Horowitz et al. 1960, Goodman 1965, Schulze 1982, Trauner et al. 1961, Moorrees 1961, Konzaczek und Lazarkiewicz 1970, Kraus et al. 1959 und Levering 1968).

Einen wichtigen Beitrag lieferten Zwillingsuntersuchungen zur Ätiologieforschung von Zahnstellungs- und Bißlageanomalien des menschlichen Schädels.

Unbestritten ist die erbliche Bedingtheit des echten Diastema (Schulze 1975, Trauner et al. 1961, Korkhaus 1940, Hennis 1961, Schwarz 1961 sowie Ritter und Euler zit. bei Levering 1968). Bewiesen ist auch der entscheidende Anteil genetischer Faktoren in einem wahrscheinlich multifaktoriellen System bei der Ausbildung der Angle Klasse II/1 (Schulze 1975, Tammoscheit 1976 und Markovic' 1978), der echten Progenie (Korkhaus 1940, Hausser 1976, Schulze und Wiese 1965, Schulze 1975, Markovic' 1978) oder des Deckbisses (Korkhaus 1940, Christiansen-Koch 1981).

Weiterführende Schlussfolgerungen ergaben sich aus dem kephalometrischen Vergleich des Schädel- und Gesichtsaufbaus bei ein- und zweieiigen Zwillingen.

Korkhaus prophezeite 1952, dass es mit ihrer Hilfe gelingen wird, allmählich tiefer in die Geheimnisse des Gesichtsschädelaufbaus einzudringen und den Anteil von Erbmasse und Umwelt an dem mosaikartigen Aufbau zu erkennen.

Neben Wylie (1944) gehörten Brodie und Newmann (zit. bei Kraus et al. 1959) zu den

Wissenschaftlern, die früh den Wert von lateralen Fernröntgenaufnahmen zur Bestimmung der genetischen Disposition des Schädel- und Gesichtsskeletts erkannten.

Anhand von kephalometrischen Untersuchungen haben Watnik (1972), Dudas (1973), Horowitz (1960), Hunter (1965), Nakata (1974) und Arya (1973) in ihrer Zwillingsforschung versucht, den Einfluss von Genetik und Umwelt auf das Wachstum des Gesichtsschädels zu bestimmen. Hierbei sind insbesondere die Analysen des Fernröntgenseitenbildes anzuführen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass sowohl genetische als auch Umweltfaktoren von Bedeutung sind.

### **2.2.2 Familienuntersuchungen**

Familien- oder auch Stammbaum- bzw. Sippenuntersuchungen sind zur Analyse genetisch bedingter Merkmale und deren Verhalten über mehrere Generationen geeignet.

Ihre Aufgabe ist es, alternativ verteilte, überdurchschnittlich häufig auftretende Merkmale, deren Ausprägungsgrad infolge Penetranzschwankungen unterschiedlich sein kann, in Familien zu untersuchen.

Im Gegensatz zu Zwillingsuntersuchungen, bei denen polygene Erbgänge analysiert werden können (siehe Kapitel 2.2.1.), lassen sich die rein monogenen Erbgänge (dominant und rezessiv) in der Regel allein aufgrund von Familien- und Sippenuntersuchungen feststellen (Schulze 1973, Cilasun 1982, Trauner et al. 1961, Jörgensen und Schulze 1973).

Der Wert von Familienuntersuchungen wird im Vergleich zu Zwillingsbefunden häufig geringer eingeschätzt, da sie nicht klar erkennen lassen, welches Merkmal vererbt und welches umweltbedingt ist (Trauner et al. 1961).

Familienuntersuchungen gestatten diese eindeutige Trennung nur bei rein dominanter Vererbung, da hierbei 50 % der Kinder und ein Elternteil sichtbar befallen sind. Ungünstiger gestaltet sich die Analyse bei rezessiver Vererbung einzelner Merkmale, da nur 25 % der Kinder und kein Elternteil sichtbar befallen sind, obwohl alle Probanden Träger latenter Anlagen sind (Trauner et al. 1961). Die Erkrankungswahrscheinlichkeit bei multifaktorieller Vererbung ist dagegen für Eltern und Geschwister gleich (Rassel 1978). Jörgensen und Schulze (1973) und Schulze (1975) fordern auch für diese Untersuchungen auslesefreie Familien und Sippen, unabhängig, ob das Merkmal ausgeprägt oder die Anamnese auf weitere Behaftete in der Verwandtschaft schließen lässt. Bei Häufungen bestimmter Dysgnathien in der Population von 5, 10 oder mehr Prozent müssen auch Häufungen in Familien vorkommen, die das Untersuchungsergebnis einseitig verfälschen würden.

Sassouni (1973) fordert deshalb eine möglichst große Auswahl untersuchter Familien über

mehrere Generationen, um genauere Aussagen zu erhalten.

Aus dem unerschöpflichen Reservoir der Familienuntersuchungen sollen einige wichtige, für die Kieferorthopädie relevante Untersuchungen vorgestellt werden:

Korkhaus berichtete im Jahre 1931 (zit. bei Asbell und Camden 1957) von seinen Untersuchungen einer "Progeniker-Familie" über vier Generationen. Hanna et al. (1963) untersuchte die Breite mittlerer und seitlicher Schneidezähne beider Kiefer. Skopakowa (1977), Garn (zit. bei Krogmann 1968) wie auch Stein (1956), untersuchten Zahnstellungs- und Bisslageanomalien. Trauner et al. (1961), Corsten (1953), Hausser (1961), Schulze (1982) und Hennis (1967) konnten mit ihren Familienbeobachtungen die erbliche Grundlage des einseitigen Kreuzbisses dokumentieren.

Eine große Bedeutung haben hierbei die fernröntgenologischen Vergleiche kraniofacialer Muster in der Familienforschung (Wylie 1944, Snodgrass 1948, Curtner 1953, Stein 1956, Schubert 1960, De Coster 1951, 1952, Moorrees 1961, Hunter 1970, Nakata 1973, Harris 1973, Harris und Kowalski 1976, Saunders 1980, Cilsum 1982). Grabowski (1988) machte Untersuchungen zur genetischen Determination des vertikalen Wachstumsmusters bei Spaltkindern.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die vorgestellten fernröntgenologischen Vergleiche von Zwillingen und Familienangehörigen übereinstimmend ergaben, dass das Modell eines polygenetischen, multifaktoriellen Erbgangs für den Gesichtsschädel am zutreffensten ist.

Auch wenn aus den vorgestellten Zwillings- und Familienuntersuchungen deutlich wird, dass bestimmte Strukturen des Gesichtsschädels einem mehr oder weniger starken äußeren Einfluss unterliegen, so ist es bis heute jedoch nicht möglich, morphologische und vor allem funktionelle Merkmale exakt der Vererbung oder der Umwelt zuzuschreiben.

### **2.3. Erbliche Gesichtsschädelstrukturen und ihre Bedeutung für Wachstumsprognosen**

Als Prognose wird in der Medizin im Allgemeinen die Beurteilung des zu erwartenden Krankheitsverlaufs bezeichnet. In der Kieferorthopädie versteht man unter einer Wachstumsprognose die Beurteilung des zu erwartenden Kiefer- und Gesichtsschädelwachstums unabhängig von dem Vorhandensein einer Anomalie.

Seit Mitte der sechziger Jahre steht das Problem der zu erwartenden Schädelentwicklung für Kieferorthopäden im Mittelpunkt der Forschungen (Björk 1969, 1963, 1955, Hasund 1974,

Ricketts 1977, 1978, Rakosi 1969, 1972, 1988, Odegard 1970, Hirschfeld und Moyers 1971 u.v.a.).

Trotzdem sind bis heute keine absolut sicheren Vorhersagemethoden des künftigen Wachstums gefunden worden. Die zahlreich vorgestellten Methoden zeugen eher von der Schwierigkeit der Bestimmung solch komplexer, durch vielfältige Erb- und Umweltfaktoren beeinflussbarer Wachstumsvorgänge, denen nur schwer Gesetzmäßigkeiten anzuerkennen sind.

Hetzel (1973) bezeichnete den Versuch einer Wachstumsprognose als "wohl einer der spekulativsten Gesichtspunkte im Rahmen der modernen kieferorthopädischen Diagnostik", denn die Knochenmorphologie des Schädelskeletts ist nicht nur Folge der genetischen Wachstumspotenz, sondern auch Resultat des Zusammenspiels mit funktionellen Anforderungen wie Atmen, Sprechen, Kauen und Schlucken (siehe Kapitel 2.1.3.), die den Aufbau auf vielfältigste Weise beeinflussen können.

Um dies zu umgehen fordert Stein (1976) nur solche Bezugspunkte für Wachstumsprognosen zu nutzen, die im Gesichtsschädelbereich durch Wachstum und Funktion unbeeinflusst bleiben.

Grundsätzlich kann man die vorgestellten Wachstumsprognosen in Methoden unterteilen, die anatomische Strukturen nutzen und aufgrund deren Form eine Wachstumsprognose stellen (strukturelle Analysen) sowie in Methoden, die aus kephalometrischen Messwerten das zukünftige Wachstum postulieren (metrische Analysen). Björk (1969) teilte die gebräuchlichen Methoden zur Prognose des Unterkieferwachstums und der Rotation folgendermaßen ein:

### *1. Longitudinale Methoden*

Die stattgefundenen Wachstumsveränderungen werden durch den Vergleich von Fernröntgenaufnahmen, die in jährlichen Intervallen aufgenommen wurden, ermittelt und die erhaltenen Wachstumstendenzen werden extrapoliert.

### *2. Metrische Methoden*

Die Vorhersage wird auf der Grundlage von individuellen Gesichtsschädelstrukturen gestellt, die metrisch in Form von Winkeln, Strecken und Verhältnissen erfasst, werden.

### *3. Strukturelle Methoden*

Die Vorhersage beruht auf typischen, der jeweiligen Rotationsrichtung zugehörigen morphologischen Kennzeichen des Unterkiefers.

### 2.3.1. Strukturelle Analysen

Bezüglich der grundlegenden Mechanismen der Unterkieferrotation haben sich Björk (1955,1969), Björk und Skiller (1977), Petrovic und Stutzmann (1979), Schudy (1965), Sergl (1973), Lavergne und Gasson (1976) befaßt. Dabei kam es zu uneinheitlichen Ergebnissen.

Björk hat zur Klärung des komplexen "Rotationsphänomens" beigetragen, indem er strukturelle Kennzeichen der Unterkieferrotation diagnostizierte und sie einer bestimmten Wachstumsrichtung zuordnete. Das sind die Neigung des Kondylenkopfes, die Krümmung des Mandibularkanals, die Morphologie des Unterkieferrandes, die Neigung der Symphyse, der Interinzisalwinkel, Interprämolaren- und Molarenwinkel und die vordere untere Gesichtshöhe.

Björk konnte 1969 als erster die Abhängigkeit der mandibulären Rotation von der kondylären Wachstumsrichtung beweisen, die individuell sehr stark (bis zu 45°) variiert. Das Wachstum verläuft damit nicht linear, sondern in "Kurven", die leicht nach vorn, seltener nach hinten verlaufen. Vertikales Kondylenwachstum bedingt eine anteriore Rotation des Unterkiefers und somit eine sagittale und horizontale Entwicklung der Mandibula, wobei die hintere Gesichtshöhe proportional stärker zunimmt als die vordere und das Kinn prominenter wird. Remodellierende Einflüsse (siehe Kapitel 2.1.3.) bedingen charakteristische Resorptionen am Gonionwinkel und Knochenapposition an der Symphyse. Im Gegensatz dazu führt ein sagittales, nach dorsal gerichtetes Wachstum der Kondylen zu einer posterioren Rotation bzw. zu einer stärkeren vertikalen Entwicklung der Mandibula, so dass die hintere Gesichtshöhe weniger als die vordere zunimmt.

Auch über die Anwendung dieser sieben strukturellen Merkmale von Björk bestehen erhebliche Meinungsverschiedenheiten. Kritisch haben sich dazu geäußert: Jenatschke (1977), Altuna (1971), Burdach-Berger- Witt (1976). Abgelehnt haben diese Durlak (1977) und Hasse (1978). Zu unterschiedlichen Aussagen kamen Lieb (1964), Wenzel (1976) und Jentschke (1977).

Bischoff (1980) unterstreicht die von Björk (1969) und Hasund (1974) aufgestellte Forderung, die Verbesserung der Prognosesicherheit durch eine Steigerung der untersuchten Merkmale zu ermöglichen. Sie macht darauf aufmerksam, dass für die kieferorthopädische Behandlungsplanung und die Beurteilung der Gesamtveränderung innerhalb des Gesichtsschädels durch Wachstum und Therapie nicht nur die Rotation und Translation des Unterkiefers, sondern auch die des Oberkiefers mit berücksichtigt werden müssen.

### 2.3.2. Metrische Analysen

Aufgrund der beschriebenen Schwierigkeiten bei der Bestimmung des Wachstumsmusters bzw. der Rotationsrichtung der Mandibula durch Auswertung struktureller Kennzeichen wurde parallel auch die metrische Auswertung von Strecken, Winkeln und Relationen zur Bestimmung dieser für die kieferorthopädische Diagnostik und Therapie so wichtigen Vorgänge weiter verfolgt und durch den Einsatz moderner Computertechnik verbessert.

Es sind bislang weit über 100 verschiedene Fernröntgenanalysen bekannt, von denen die Analysen nach Jarabak (1974), Ricketts (1977, 1978), Rakosi (1972, 1988) und Hasund (1974), aufgrund metrischer Ergebnisse Prognosen für die Wachstumsrichtung des Gesichtsschädels geben.

Downs (zit. bei Ricketts 1977) gehörte zu den ersten Kieferorthopäden, die versuchten, die Gesichtsschädelentwicklung metrisch zu erfassen. Mit Hilfe der von ihm konstruierten "Y-Achse" (Verbindungsline von Sella zu Gnathion) und dem von dieser Achse eingeschlossenen Winkel zur Nasion-Sella-Ebene als Hauptreferenzlinie seiner Analyse unterschied er bei abnehmendem Winkel eine horizontale von einer vertikalen Wachstumsrichtung bei zunehmendem Winkel.

Ricketts (1977, 1978) erkannte, dass sich in einem entwickelnden Gesicht die Unterkieferrotation besonders durch die Form der Schädelbasis sowie durch die Stellung und das Wachstum der Kondylen bestimmt wird. Mit Untersuchungen dieser Faktoren können Wachstumsveränderungen analysiert, klassifiziert und unter Umständen vorausgesagt werden. Jarabak nutzt für die Bestimmung der Wachstumsrotation des Unterkiefers das Gesichtshöhenverhältnis (Face Height Ratio), den Summen- und Kieferwinkel. Zusätzlich versuchte er das unterschiedliche Verhalten von Unterkieferkörper und -ast bei der Wachstumsrotation der Mandibula zu untersuchen.

Als clockwise-Wachstum (Wachstumsrotation im Uhrzeigersinn) bezeichnet Jarabak (1974) das vertikale Wachstumsmuster, bei dem der anteriore Gesichtsteil im Laufe des Wachstums nach unten und hinten verlagert wird, so dass ein mehr retrognathes Profil entsteht. Bei der horizontalen Unterkieferrotation verläuft das Wachstum entgegen dem Uhrzeigersinn (counterclockwise-Wachstum). Das Gesicht rotiert nach unten und vorn. Als straight-downward-Wachstum wird von Jarabak (1974) das neutrale Wachstumsmuster bezeichnet.



Hasund (1974) konnte in der "Bergenanalyse" mit komplizierten Korrelationsrechnungen beweisen, dass zwischen den meisten Variablen ein bestimmter, aber unterschiedlich hoher Korrelationsgrad besteht, so dass zur Beurteilung der Wachstumsrichtung eines Probanden immer mehrere Variablen individuell herangezogen werden sollten. Diese Kombinationen bei harmonischem Wachstum sind in einer "Harmoniebox" zusammengestellt, in der die ideale Größe der Winkel SNB, ML-NSL und NS-Ba bei verschiedenem Prognathiegrad abgelesen werden kann. Bei groben Abweichungen von den vorgegebenen Winkelgrößen verläuft das Wachstum disharmonisch. Das Neue der "Bergenanalyse" beruht nicht nur in der Kombination struktureller und metrischer Analysen, sondern auch in der Aufstellung und Orientierung an harmonischen Winkelkombinationen, statt an starren dentalen und basalen Normwerten.

Rakosi (1969, 1972, 1988) untersuchte zusätzlich zu allgemein anerkannten Parametern die Größe des Kieferbasiswinkels sowie zwei Teile des Gonionwinkels, als auch deren Beziehung zueinander, um eine Prognose der Wachstumsrichtung zu erstellen. Als Rotationsachse des Unterkiefers wählte er die Senkrechte von der Verbindungslinie Sellaeingang CSe zum Gonion. Sie entspricht der Y-Achse von Downs. Sie teilt den Kieferwinkel in einen kleinen hinteren (Go1) und einen größeren vorderen Winkel (Go2) ein.

Beide Winkel sowie ihr Verhältnis zueinander geben das Verhältnis von Korpus und Ramus des Unterkiefers wieder. Rakosi (1972) konnte nachweisen, dass nur der vordere Abschnitt des Kieferwinkels (Go2) einen Einfluss auf die Größe des Kieferbasiswinkels hat.

Borchers (1975) und Westphal (1976) bestätigten in ihren Untersuchungen die Ergebnisse von Rakosi (1972).

Klink-Heckmann et al. (1983) untersuchten 370 Patienten mit den klassischen Anomalie-Symptomen der Progenie, des Deckbisses, der ausgeprägten sagittalen Schneidekantenstufe und des offenen Bisses, um charakteristische Veränderungen im Fernröntgenbild zu ermitteln, die schon in der frühen Wechselgebissphase auf eine sich entwickelnde Dysgnathie hinweisen können. Obwohl bei den einzelnen Anomalieformen signifikante Unterschiede einzelner Strukturbereiche des Gesichtsschädels vorkommen, fällt auf, dass ein und dasselbe Merkmal bei mehreren Anomalien vorkommen kann, so dass es als typisches Kennzeichen entfällt. Lediglich die vergrößerten Winkel ML-NSL und NS-Y-Achse sind charakteristisch für den offenen Biss und der mit ihm verbundenen vertikalen Gesichtsentwicklung. Damit wird zugleich der Stellenwert von „Kardinalsymptomen“ im Kindesalter in Frage gestellt.



Da die Vorhersage der Unterkieferrotation aus den dargestellten Schwierigkeiten oft nicht oder nur sehr ungenau erstellt werden konnte, wurde verstärkt nach anderen Möglichkeiten gesucht:

De Coster (1951, 1952) fordert für den Vergleich von Fernröntgenseitenaufnahmen bei Überlagerungen und zur Untersuchung des komplexen Gesichtsschädelwachstums, nur solche Strukturen des Schädels zu benutzen, die keinen wachstums- und entwicklungsbedingten Änderungen unterliegen. Diesen stabilen und unveränderlichen Abschnitt der anterioren Schädelbasis, dargestellt als Linie vom Vorderrand der Sella turcica über die spheno-ethmoidale Naht zum Foramen caecum, verglich De Coster (1951, 1952) bei den gleichen Probanden im Kindes- und später im Erwachsenenalter. Er stellte völlige Übereinstimmung fest. Da die untersuchten Geschwister die gleiche Form der Basallinie aufwiesen, konnte der Autor eine genetische Bedingtheit dieses Schädelabschnitts vermuten. In der Praxis wird der Wert dieser wachstumsstabilen Linie durch die schwierige fernröntgenologische Darstellbarkeit begrenzt, so dass sich die Verbindung von Sella zum Nasion nach wie vor behauptet.

#### **2.4. Zunge, Zungenlage und Pharynx als besondere Wachstumsfaktoren**

Der Zunge wird aufgrund ihrer zentralen Lage im stomatognathen System, ihres formgebenden Einflusses einerseits, aber auch ihrer Adaptationsfähigkeit andererseits ein besonderer Stellenwert eingeräumt (Grabowski 1983).

Die Größe, Lage und Bewegung der Zunge ist nach wie vor in ihrer Bedeutung für das Wachstum Unterkiefers, aber auch des Oberkiefers noch stark umstritten. Viele Autoren sehen in der Zunge den alles entscheidenden Motor der Entwicklung (Rheinwald und Becker 1962, Schwarz und Kreisel 1964), andere warnen vor der Überbewertung der Zunge (Eischler 1963).

Die Zungenruhelage ist ein wichtiger Faktor in der Gebissentwicklung (Graber 1954, Lehnhardt 1959, Hensel 1976, Proffit 1968, 1975).

Fränkel (1963) unterstreicht den Wert des dreifachen Mundverschlusses, der an eine regelrechte Ruhelage der Zunge am Gaumendach ebenso gekoppelt ist wie an einen gut funktionierenden Lippenschluss. Wenn der vordere Mundschluss gestört ist, komme es zwangsläufig zu einer Fehllage der Zunge, wodurch das gesamte peristatisch-dynamische Gleichgewicht zwischen Wange und Zunge verändert wird.

Auf die Zusammenhänge zwischen Zungenlage und Atemfunktion in ihrer Bedeutung für das Zustandekommen von Gebissanomalien haben Brodie (1953), Gerlach (1976), Duyzings (1963), Hoffer und Mitarb. (1963), Linder Aronson (1979) und Paul und Nanda (1973) hingewiesen. Nach ihrer Meinung kann der morphoentische Faktor Zunge durch deren Kaudalverlagerung sowie durch die damit erzwungene Kaudallage des Unterkiefers nicht mehr ausreichend wirksam werden, so dass es zu einer lateralen Entwicklungshemmung des oberen dentoalveolären Bogens kommt.

Dem Ruheweichteilandruck wird in Bezug auf die Ätiologie von Zahnstellungs- und Bisslageanomalien ein hoher Stellenwert eingeräumt.

### **3. Eigene Untersuchungen**

#### **3.1. Probanden/Patienten**

Im Rahmen einer Familienstudie wurden an der Poliklinik für Kieferorthopädie an der Universität Rostock durch Heydenreich Kinder und Eltern fernröntgenologisch untersucht (1994). Der durch Heydenreich ermittelte Prognosewert unterschiedlicher Analysen sollte an den Kindern ca. 5 Jahre später überprüft werden. Außerdem sollte der Einfluss einer das Wachstum ausnutzenden kieferorthopädischen Therapie kontrolliert werden. Für die vorliegende Studie sollten deshalb die Kinder, bei denen im Wechselgebiss eine funktionell ausgerichtete Therapie erfolgte, nachuntersucht werden. Es galt das Therapieergebnis in Abhängigkeit des eigenen Wachstumsmusters, der kieferorthopädischen Anomalie und funktioneller Einflüsse zu überprüfen.

Voraussetzung für die Aufnahme in die Untersuchungsgruppe aus der Familienstudie war:

Bei den Eltern musste eine unverfälschte Relation der Zahnreihen aufgrund ihres Zahnbestandes vorliegen. Von beiden Eltern mußte eine Fernröntgenaufnahme angefertigt worden sein.

Die Kinder sollten sich zum Zeitpunkt der ersten Aufnahme im Wechselgebissalter nach dem Schneidezahnwechsel befinden. Es musste eine Behandlung mit funktionskieferorthopädischen Methoden erfolgt sein. Nach der Therapie sollte ein bleibendes Gebiss vorliegen und eine Fernröntgenaufnahme vorhanden sein.

37 Kinder (20 Söhne und 17 Töchter) aus 31 Familien waren Grundlage dies 2. Teils der Studie. Im Folgenden wird das Kind vor Therapie als K1 und nach Therapie als K2 bezeichnet. Im Mittel betrug das Alter der Kinder K1 9,1 Jahre und K2 14,2 Jahre (Abb.1).

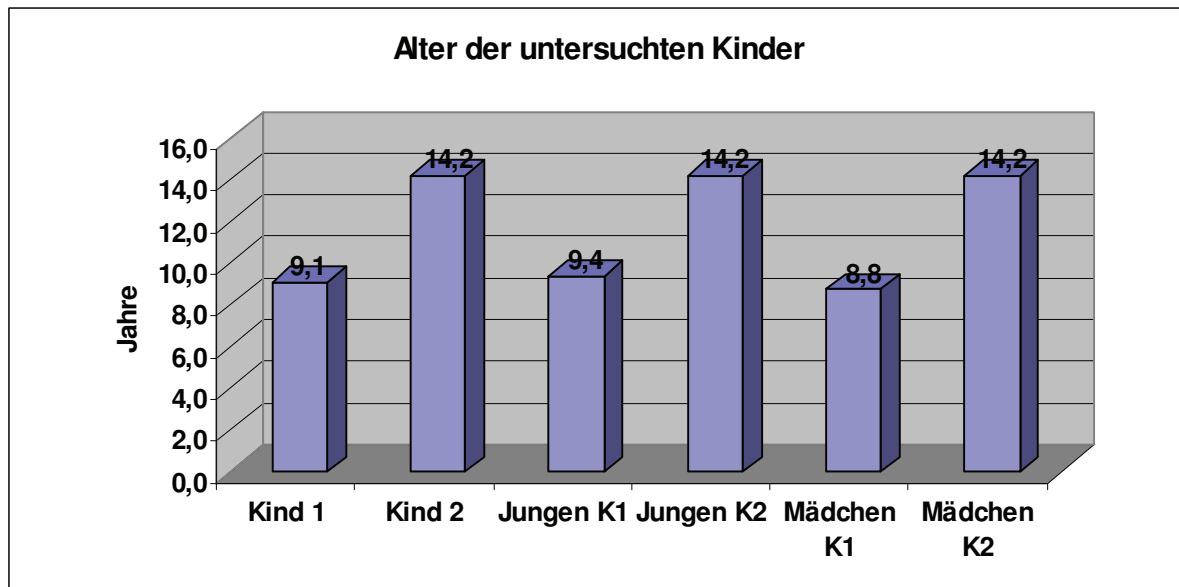


Abb. 1: Alter der untersuchten Kinder vor der Therapie K1 und nach der Therapie K2, geschlechtsspezifisch

### 3.2. Methoden

Technische Daten der FRS-Aufnahmen:

Die in der vorliegenden Arbeit ausgewerteten Fernröntgenaufnahmen wurden unter gleichen aufnahmetechnischen Bedingungen mit dem Gerät Tu 300 (Diagnostik-Vierventil-Röntgenapparat) vom Transformatoren- und Röntgengerätewerk Dresden hergestellt. Der Film-Focusabstand betrug konstant 3,20 m mit Streustrahlenraster. Der Zentralstrahl traf senkrecht auf die Median-, Sagittal- und Filmebene. Alle Aufnahmen wurden in Schlussbissstellung und nach rechts blickend angefertigt. Zur besseren Darstellung des Weichteilprofils wurden, abgestimmt auf die Gesichtsform und -größe, vorgefertigte Filter benutzt. Metallmasken wurden auf das Gesicht aufgesetzt.

Die Expositionsdauer betrug 0,3 Sekunden, wobei die Röhrenspannung in Abhängigkeit vom Alter der Patienten aufgrund der unterschiedlichen Schädelausbildung variierte. Es wurde mit einer Spannung von 75 KV bis zum 8. Lebensjahr, von 80 KV bis zum 14. Lebensjahr und mit einer Spannung von 85 KV ab dem 15. Lebensjahr geröntgt.

Nach dem Kennzeichnen der verwendeten Referenzpunkte mit weißer Tinte auf dem Fernröntgenbild, wurde die Auswertung mit Hilfe eines digitalen Fernröntgenprogramms (FR-WIN) in der Abteilung für Kieferorthopädie der Universität Rostock durchgeführt. Die anschließende statistische Verarbeitung erfolgte mit dem Program Office Excel. Es gehen folgende Fehlerquellen in die Ergebnisse ein: 1. Projektionsfehler bei der

Röntgenbildherstellung 2. Fehler durch ungenaue Markierung von Referenzpunkten 3. Fehler durch gegebene natürliche Variationen in der Lage von Meßpunkten zueinander.

Um die Möglichkeit von subjektiven Fehlbeurteilungen bei dem Vergleich der Symphysen so gering wie möglich zu halten, wurden die Fernröntgenaufnahmen der Probanden von zwei Untersuchern ausgewertet. Sofern bei anatomischen Differenzen der rechten und linken Schädelhälfte oder durch geringfügig zur Filmebene geneigtem Kopf doppelt angelegte Strukturen auch doppelt abgebildet wurden, wurde nach der Empfehlung von Schwarz (1961) durch Halbierung der Strecken zwischen diesen Punkten ein zeichnerisch in der Median-Sagittal-Ebene gelegter Punkt zur Messung herangezogen.

Analysemethoden:

Alle Fernröntgenaufnahmen wurden nach fünf Analysemethoden ausgewertet:

1. Symphysenvergleich zur Ähnlichkeitsbestimmung
2. Strukturelle Analyse nach Björk
3. Metrische Kephalometrie
4. Weichgewebearanalyse
5. Okklusionsbefunde nach Angle-Klassen, Bestimmung von Overjet und Overbite

### **3.2.1. Die strukturelle Analyse**

#### **3.2.1.1. Festlegen der Ähnlichkeit durch Symphysenvergleich**

Zu Beginn der Untersuchungen wurde die Ähnlichkeit der Kinder mit ihren Eltern durch den Vergleich der Symphysen in Anlehnung an Burdach, Berger und Witt (1976) geprüft.

Folgende Kriterien gingen in die Wertung ein:

1. Form der Symphyse
2. Neigung der Symphyse
3. Verlauf und Neigung der dorsalen Cortikalis der Symphyse
4. Ausprägung des Mentrums

Entgegen der von Burdach, Berger und Witt empfohlenen Überlagerung der Durchzeichnungen der Symphyse erfolgte der Symphysenvergleich in der vorliegenden Studie durch einen visuellen Vergleich der Merkmale am Bildschirm (Abb. 2).

Diese Untersuchung erfolgte durch zwei Untersucher. Im Ergebnis wurde die Ähnlichkeit zu einem Elternteil erfaßt.

Derjenige Elternteil, welcher eine ähnliche bzw. unähnliche Symphyse zu seinem Kind aufwies, wurde als "Ähnlich" (Ä) bzw. "Unähnlich" (un Ä) eingestuft.

Wiesen beide Eltern eine ähnliche Symphyse wie ihr Kind auf, wurde zusätzlich der untere Rand der Mandibula berücksichtigt.

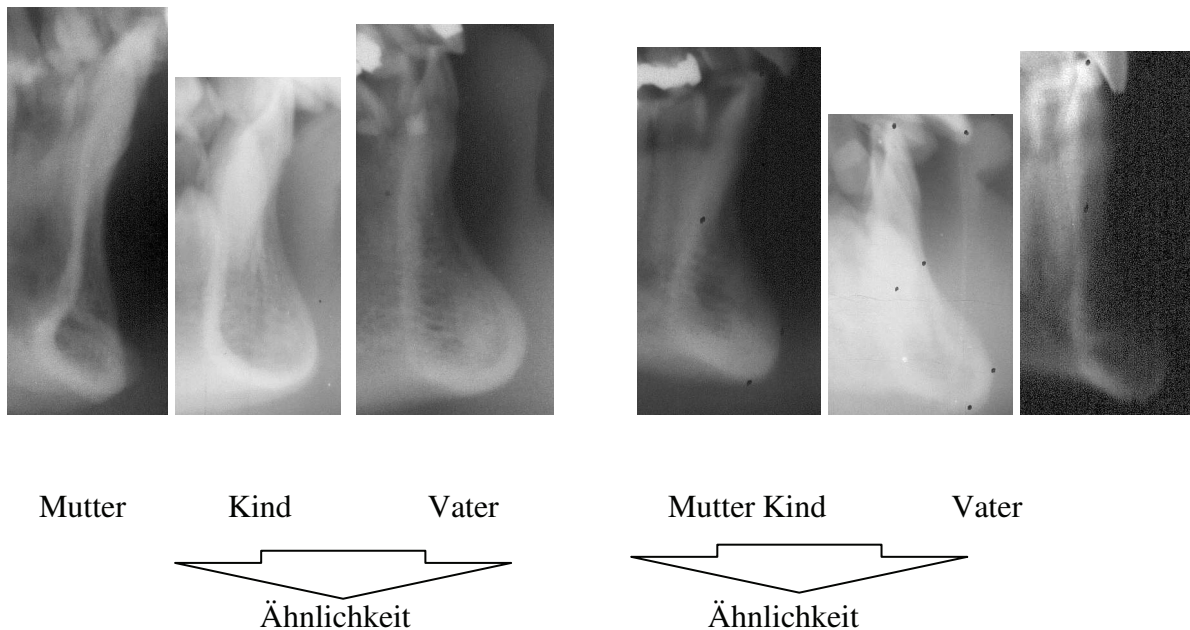


Abb. 2: Beispiele des Symphysenvergleichs zur Ermittlung des ähnlichen und unähnlichen Elternteils in zwei Familien

### 3.2.1.2. Strukturelle Analyse zur Ermittlung der Unterkieferrotationsrichtung

Die von Björk (1969) entwickelte Wachstumsanalyse baut auf strukturellen Merkmalen auf, die seiner Meinung nach nicht einzeln, sondern nur in der Gesamtheit erfasst und bewertet werden dürfen. So wurden in Anlehnung an Hasund (1974) diese Faktoren mit Hilfe eines Punktesystems bewertet, um eine statistische Verarbeitung und eine Beurteilung für jeden einzelnen Probanden zu ermöglichen.

Strukturen, die eine horizontale Rotation des Unterkiefers anzeigen, erhielten eine positive Bewertung (+), während Strukturen, die für eine mehr vertikale Rotation sprechen, negativ (-) bewertet wurden.

Zusätzlich wurde in beiden Richtungen nach der Stärke der Ausprägung durch bis zu drei Plus- bzw. Minuszeichen graduiert. Die Summe der positiven und negativen Werte aller vier Kennzeichen ergab das Maß für die prognostizierte Rotationsrichtung der Mandibula (Abb. 3).

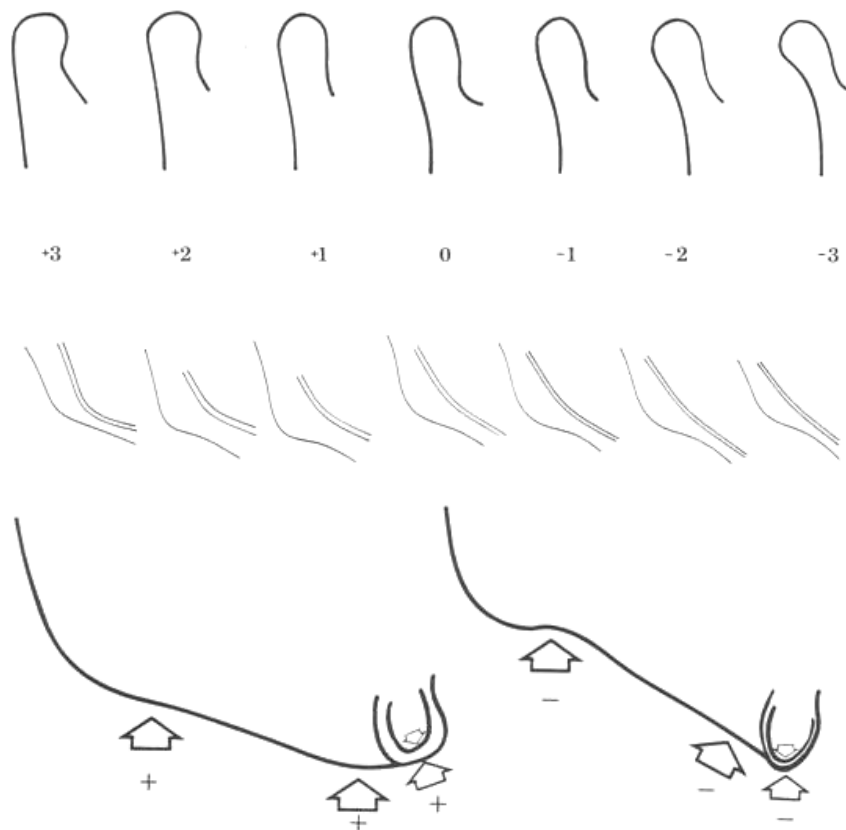


Abb.3: Charakteristische Strukturen der Mandibula zur Ermittlung der Unterkieferrotation nach Björk (1969) mit dem Bewertungsvorschlag nach Segner und Hasund (1991)

Obere Reihe:	Form der Kondylen
Mittlere Reihe:	Neigung des Mandibularkanals und Größe des Kieferwinkels
Untere Reihe:	Form und Neigung der Symphyse, Morphologie des Unterkieferrandes und Incisura massaterica

### 3.2.2. Metrische Kephalemetrie (Abb. 4, 5, 6, Tab.1, 2, 3, 4)

#### 3.2.2.1. Definition der verwendeten kephalometrischen Parametern

Alle Fernröntgenbilder von Kindern und Eltern wurden bezüglich ihrer skelettalen und dentalen Analyse mittels der klassischen metrischen Kephalemetrie analysiert. Diese wurde in die Abschnitte vertikal, sagittal, metrisch und dental untergliedert.

Vor allem die Ergebnisse der Analyse des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus sollten in Bezug auf Korrelationen der Kinder zu ihrem nach dem Symphysenvergleich ermittelten ähnlichen Elternteil bewertet werden können. Die anderen Abschnitte dienten vor allem der Zuordnung zu skelettalen und dentalen Anomaliesymptomen bzw. deren Veränderungen nach der Therapie.

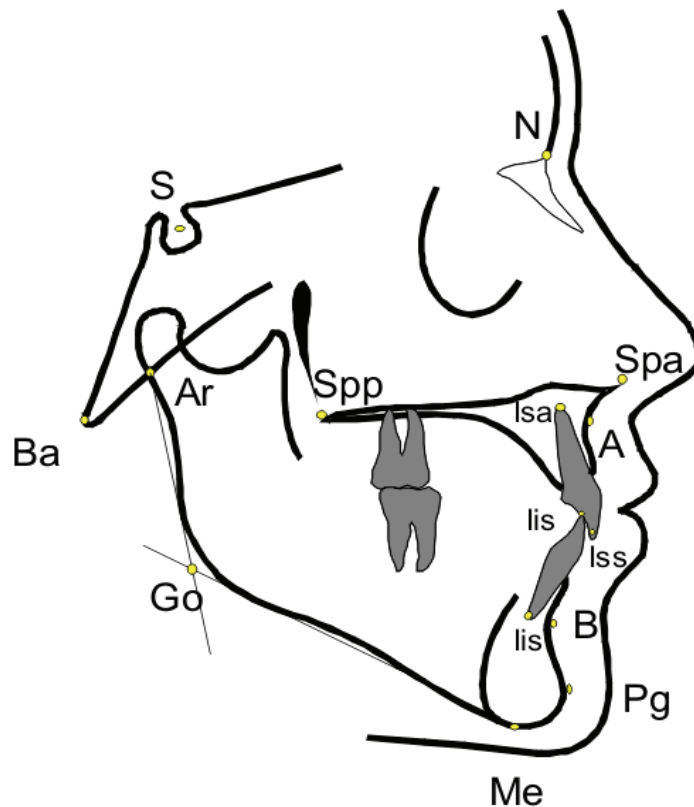


Abb.4: Kephalemetrische Referenzpunkte



Tab. 1: Referenzpunkte für Schädelbasis, Oberkiefer, Unterkiefer und Schneidezähne

Kürzel	Merkmal	Definition
S	Sella	Zentrum der Sella turcica
N	Nasion	vorderes Ende der Sutura nasofrontalis
Ba	Basion	unterer und hinterer Punkt des Vorderrandes des Foramen magnum

A	A-Punkt	Tiefste Einziehung der anterioren Kontur des Oberkieferalveolarfortsatzes
Spa	Spina nasalis anterior	vorderes Ende der Spina nasalis anterior
Spp	Spina nasalis posterior	hinterster Punkt des Nasenbodens, Schnittpunkt des knöchernen Nasenbodens mit dem kaudalen Ausläufer der Fossa pterygopalatina

B	B-Punkt	tiefste Einziehung der anterioren Kontur des Unterkieferalveolarfortsatzes
Pg	Pogonion	Am weitesten nach anterior vorspringender Punkt des knöchernen Kinnes
Ar	Artikulare	röntgenologischer Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des aufsteigenden Unterkieferastes
Me	Menton	unterster Punkt der Unterkiefersymphyse (anthropologisches Gnathion)
Go	Gonion-Tangenten-Punkt	Tangentenschnittpunkt der hinteren Ramuslinie mit der Linie des Mandibularplanums

Iss	Inzisale superius	Schneidekante des oberen mittleren Schneidezahns
Isa	Apikale OK-Inzisivus	Wurzelspitze des oberen mittleren Schneidezahns
Iis	Inzisale inferius	Schneidekante des unteren mittleren Schneidezahns
Iia	Apikale UK-Inzisivus	Wurzelspitze des unteren mittleren Schneidezahns

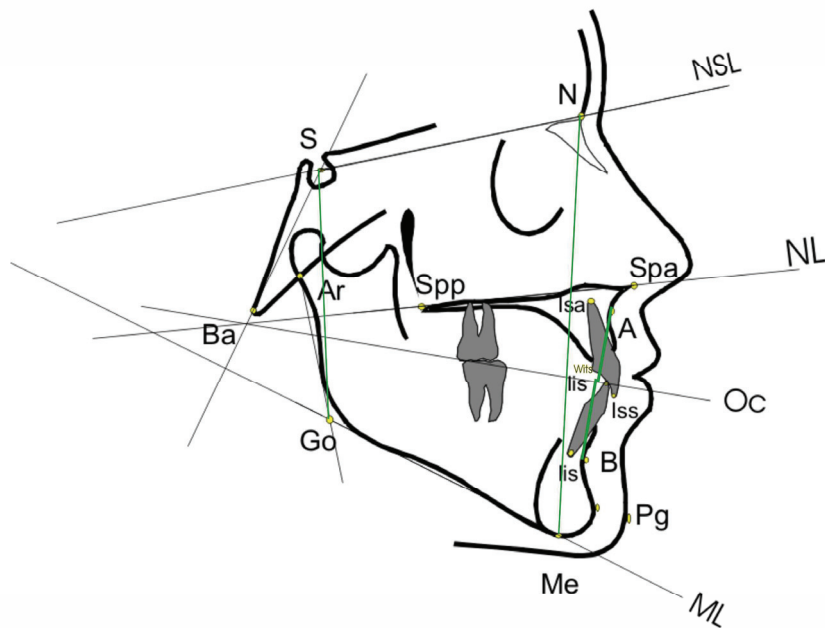


Abb. 5: Kephalemtrische Referenzlinien

Tab. 2.: Referenzlinien in mm (Abb. 5)

Kürzel	Merkmal	Definition
N-S	Nasion-Sella-Linie (NSL)	Vordere Schädelbasis
Spp-Spa	Nasallinie (NL)	Verbindungsline zwischen Spina nasalis anterior und Pterygomaxillare
Go-Me	Mandibularlinie (ML)	Verbindungsline zwischen Gonion-Tangentenpunkt und Menton
	Okklusionsebene (Ocp)	Verbindungsline von der Halbierung des Überbisses der Schneidezähne und der am distalsten okkludierenden Höcker des letzten Molaren
N-A	NA-Linie	Verbindung von Nasion und A-Punkt
N-B	NB-Linie	Verbindungsline von Nasion und B- Punkt
N-Pg	NPg-Linie	Verbindungsline von Nasion und Pogonion
Ar-Go	Ramuslinie	Verbindungsline von Artikulare und Gonion-Tangentenpunkt

S-Ba	Clivuslinie	Verbindungsline von Sella und Basion, mittlere Schädelbasis
OK1	Oberkiefer-Schneidezahnachse	Linie durch den Inzisal- und Apikalpunkt des mittleren oberen Schneidezahnes
UK1	Unterkiefer-Schneidezahnachse	Linie durch den Inzisal- und Apikalpunkt des mittleren unteren Schneidezahnes

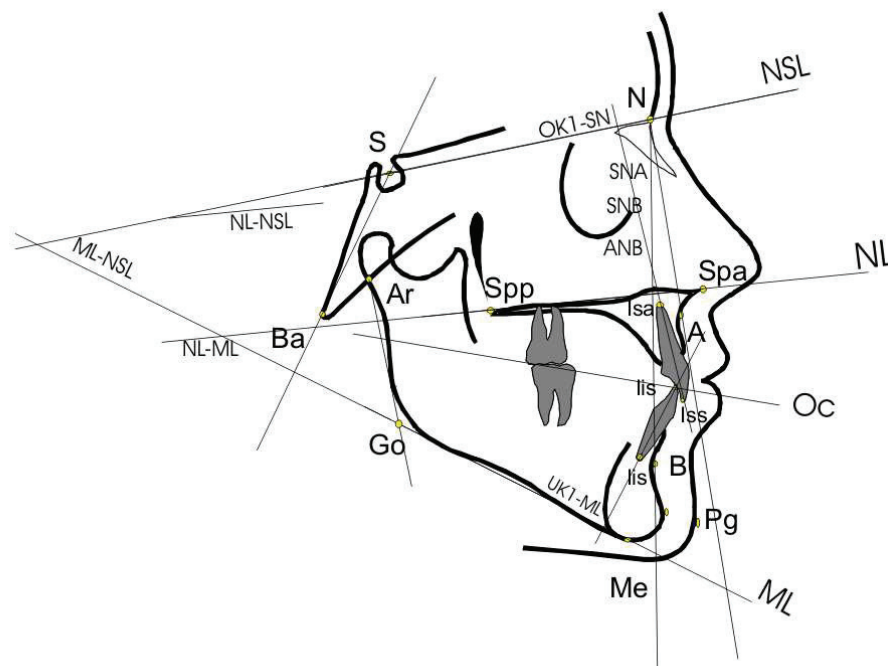


Abb. 6: Kephalemtrische Winkel

Tab. 3: Relationen in %

Kürzel	Merkmal	Definition
FHR	Verhältnis der hinteren zur vorderen Gesichtshöhe	S- Go : N- Me
I Index	Ist das Verhältnis der oberen zur unteren vorderen Gesichtshöhe	N-SP : SP-Me

Tab. 4: Vertikale Schädelstrukturmerkmale

NL-NSL	Winkel zwischen Nasallinie und vorderer Schädelbasis, Maß für die Neigung der Maxilla
ML-NSL	Winkel zwischen Mandibularlinie und anteriorer Schädelbasis, Maß für die Neigung der Mandibula
ML-NL	Grundebenenwinkel, Winkel zwischen Mandibular- und Nasallinie, Maß für die relative vertikale Neigung der Kieferbasen zueinander
SN-BA	Maß für die Neigung des Clivus zur vorderen Schädelbasis
SN-Gn Schädelwachs- tumswinkel (y-Achsenwinkel)	Maß für die Schwenkung des Unterkiefers in kranial-kaudaler Richtung im Verhältnis zur vorderen Schädelbasis
Ar-Go-Me Kieferwinkel	Der Winkel drückt die Relation zwischen Kieferkörper und aufsteigendem Ast aus und gibt einen Hinweis auf die Rotationstendenz der Mandibula.
N-Go-Me unterer Gonionwinkel	Wird der Kieferwinkel durch die Strecke N-Go' geteilt, so entstehen der obere und untere Gonionwinkel, welche einen Hinweis auf die Rotation des Unterkiefers geben.

### 3.2.2.2. Ermittlung der Unterkieferrotationsrichtung

Für die Bewertung des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus wurden 8 Parameter benutzt (Tab. 5)

In der Tabelle sind die zur Ermittlung der Rotationsrichtung genutzten Winkel und Relationen mit den entsprechenden Referenzbereichen dargestellt:

Tab. 5: Ermittlung der Unterkieferrotationsrichtung nach der metrischen  
Kephalometrie

		Horizontal			Vertikal		
		+++	++	+	-	--	---
1. ML-NSL	in °	≤17	> 17	>24	>38	>39	>46
			≤24	≤ 31	≤ 39	≤46	
2. ML-NL	in °	≤14	>14	>18	>25	>28	>32
			≤18	≤22	≤ 28	≤32	
3. NS-Gn	in °	≤57	>57	>61	>68	>71	>75
			≤61	≤64	≤ 71	≤75	
4. NS-Ba	in °	≤120	>120	>124	> 128	>134	>138
			≤124	≤ 128	≤ 134	≤138	
5. Index	in %	>89	≤ 89	≤ 83	≤ 74	≤69	≤65
			>83	>76	>69	>65	
6. FHR	in %	>74	>74	≤ 70	≤ 59	≤54	<50
			>70	>65	>54	>50	
7. N-Go-Me	in °	≤62	>62	>66	>75	>80	>85
			≤66	≤70	≤ 80	≤ 85	
8. Ar-Go-Me	in °	≤118	>118	>122	>131	>134	>139
			≤122	≤129	≤134	≤139	

Die Staffelung in Richtung des horizontalen bzw. vertikalen Wachstumstyps wurde jeweils um den Wert von einer Standardabweichung vorgenommen und entsprechend der Ausprägung mit bis zu drei Plus- oder Minuszeichen versehen. Die angegebenen Referenzbereiche für das neutrale Wachstumsmuster sind aus den Arbeiten von Jarabak (1974), Hasund (1974), Ricketts (1977, 1978), Schopf (1982) und Rakosi (1988) entnommen. Lag ein Messwert in diesem Bereich, so wurde eine "0" notiert. Abschließend wurden von jedem Patienten Plus- und Minuszeichen addiert. Aus der Summe aller neun bewerteten Variablen wurde die Prognose der Rotationsrichtung gestellt. Ein Ergebnis von -8 bis +8 wurde dem neutralen, von -9 bis -27 dem vertikalen und von +9 bis +27 dem horizontalen Wachstumstyp zugeordnet.

### 3.2.3. Weichteilanalyse

#### 3.2.3.1 Zungenlage

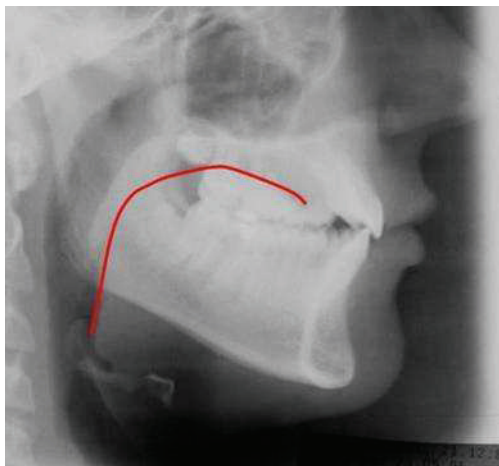
Für die Bestimmung der Zungenruhelage im Fernröntgenbild wurde die Methode von Rakosi (1988) verwendet (Abb. 7).

Um eine reproduzierbare Orientierungslinie zu erhalten wurden die folgenden Forderungen berücksichtigt :

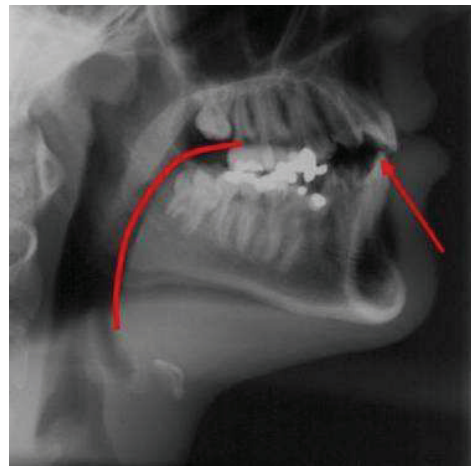
1. An der den Zungengrund und Zungenrücken begrenzenden Linie soll sich die größtmögliche Fläche der Zunge befinden, da die ganze Zunge (anatomisch) im FRS-Bild nicht erfaßbar ist.
2. Die Linie soll unabhängig von den Variationen der skelettalen Strukturen sein.
3. Nach Lageänderungen des Unterkiefers soll sich seine Beziehung zur Zunge nicht ändern.
4. In Beziehung zu den Lageänderungen der Zunge soll sie konstant bleiben.
5. Sie soll zu den anatomischen und funktionellen Eigenschaften der Zunge in Beziehung stehen.
6. Der Messvorgang soll möglichst einfach sein.

Die Probanden wurden vier Gruppen zugeordnet:

1. Regelrechte Zungenlage mit Kontakt zum harten und weichen Gaumen.
2. Tiefe Zungenlage mit Verschattung des Mundbodens, fehlender Kontakt zum harten und weichen Gaumen.
3. Interdentale Zungenlage mit der Zungenspitze zwischen der oberen und unteren Front.
4. Nichterkennbare Zungenlage.



Regelrecht



Tief und interdental

Abb.7: Bestimmung der Zungenlage

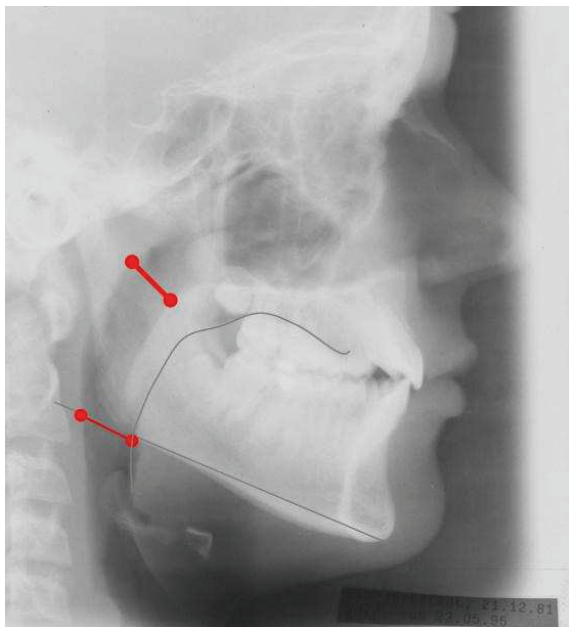
### 3.2.3.2. Der pharyngeale Raum

Die Atemwege wurden durch das Vermessen der oberen und unteren Pharynxbreite nach McNamara (2002) bestimmt.

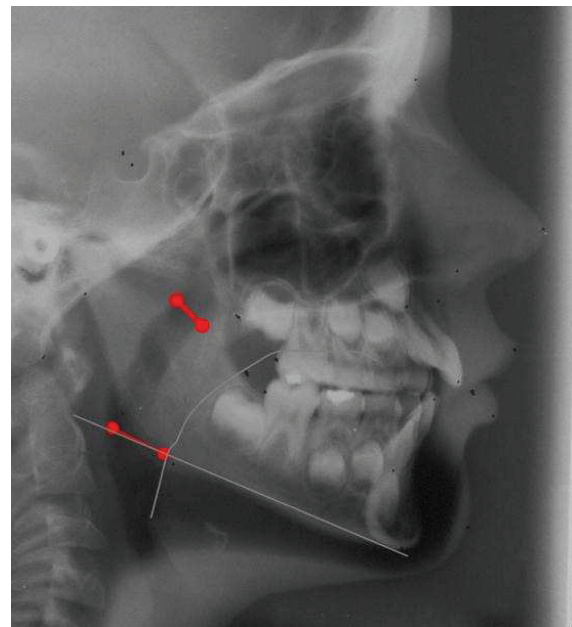
Die obere Pharynxbreite wurde von dem posterioren Punkt des weichen Gaumens bis zu dem nächstliegenden Punkt der posterioren pharyngealen Wand gemessen (Abb. 8).

Die untere Pharynxbreite wurde von der Pharynxrückwand bis zum Schnittpunkt von Zunge mit dem unteren Rand des Unterkiefers bestimmt.

Der pharyngeale Raum wurde als eingeengt eingestuft, wenn die obere Pharynxbreite weniger als die Hälfte der unteren Pharynxbreite betrug.



Regelrecht



Eingeengt

Abb. 8: Bestimmung der Pharynxbreite, links regelrecht, rechts eingeengt.  
Die Zungenlage ist markiert.

### **3.2.4. Sagittale Okklusionsbeziehungen, Overjet und Overbite, Bisslage**

Die Bisslage im Bereich der Zahnreihen wurde am Fernröntgenbild anhand der Angle-Klassifikation beurteilt. Die untersuchten Probanden wurden in drei Gruppen eingeordnet:

Klasse I: Regelrechte Verzahnung, die oberen Eckzähne okkludieren zwischen den unteren ersten Prämolaren und den unteren Eckzähnen. Im bleibenden Gebiss okkludiert der mesio-bukkale Höcker des oberen ersten Molaren zwischen den beiden bukkalen Höckern der unteren ersten Molaren.

Klasse II: Distale Verzahnung, die oberen Eckzähne okkludieren mesial des Kontaktpunktes der unteren ersten Prämolaren und der unteren Eckzähne. Im bleibenden Gebiss okkludiert der mesio-bukkale Höcker des oberen ersten Molaren mesial von der Fissur zwischen den beiden bukkalen Höckern der unteren ersten Molaren.

Klasse III: Mesiale Verzahnung, die oberen Eckzähne okkludieren distal von dem Kontaktpunkt der unteren ersten Prämolaren und Eckzähne. Im bleibenden Gebiss okkludiert der mesio-bukkale Höcker der oberen ersten Molaren distal von der Fissur zwischen den beiden bukkalen Höckern der unteren ersten Molaren.

Overjet:

Als Overjet wurde der kürzeste Abstand von der inzisalen Kante der oberen zu der Labialfläche der unteren mittleren Schneidezähne gemessen. (Die Dicke der oberen Schneidezähne wurde mit 2 mm angenommen.)

Die Probanden wurden drei Gruppen zugeordnet:

Regelrechter Overjet: 2-3 mm

Vergrößerter Overjet: > 3 mm

Kopfbiss und negativer Overjet < 0 mm

Overbite:

Der vertikale Abstand zwischen der Schneidekante der oberen und der unteren Inzisivi wurde als Overbite gemessen.

Die Probanden wurden drei Gruppen zugeordnet:

1. Regelrechter Overbite: > 0-2,5 mm

2. Tiefer Overbite: >2,5 mm

3. Fehlender Overbite und offener Biss: ≤ 0mm



### 3.2.5. Gruppenvergleiche

Um eine Aussage über den Grad der Ähnlichkeit von Kindern und ihren Eltern vornehmen zu können bzw. den Wert der Analysemethoden zur Bestimmung der Ähnlichkeit bewerten zu können, erfolgte die statistische Auswertung der acht Variablen aus der metrischen Analyse und die der fünf Variablen der strukturelle Analyse mittels Korrelationsanalysen.

Diesem Zweck diene die Aufstellung von 6 Vergleichsgruppen zwischen Eltern und ihren Kindern bezüglich ihrer Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit nach dem Symphysenvergleich zum Zeitpunkt K1 in Anlehnung an Burdach, Berger und Witt (1976) Tabelle (6).

Der Vergleich von ähnlichem und unähnlichem Elternteil diene ausschließlich als Maß zur Verwendbarkeit der Methode für die Prognose des Wachstumsmusters des Kindes.

In den 6 Gruppen wurde für jede der dreizehn Variablen ein linearer Korrelationskoeffizient (r) und dessen Signifikanz (p) mittels des t-Testes ermittelt.

Tab. 6: Vergleichsgruppen zur Bestimmung der Ähnlichkeit

1.	Gruppe 1	Kind Anfang mit ähnlichem Elternteil	K1,Ä
2.	Gruppe 2	Kind Ende mit ähnlichem Elternteil	K2,Ä
3.	Gruppe 3	Kind Anfang mit Kind Ende	K1,K2
4.	Grupp 4	Kind Anfang mit unähnlichem Elternteil	K1,Un Ä
5.	Grupp 5	Kind Ende mit unähnlichem Elternteil	K2,Un Ä
6.	Grupp 6	Ähnlicher Elternteil mit unähnlichem Elternteil	Ä,Un Ä

### 3.2.6. Datenverarbeitung

Um die erhaltenen Messreihen bewertbar und transparent zu gestalten sowie ihre Auswertung und Beurteilung zu ermöglichen, wurden der Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und die Standardabweichung ( $s$ ) angegeben.

Der Mittelwert wird bei Reihenuntersuchungen als Repräsentant von Einzelbeobachtungen gewählt. Er lässt keine Rückschlüsse auf Abweichungen der Einzelwerte, aus denen er bestimmt wurde, zu. Definiert ist er als der Quotient aus der Summe der einzelnen Messwerte und deren Anzahl:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

Die Standardabweichung ( $s$ ) drückt die Abweichungen der Einzelwerte vom errechneten Mittelwert aus. Sie lässt sich wie folgt bestimmen:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Die Signifikanz eines Messwertes ist dann gegeben, wenn die Prüfgröße die Signifikanzwerte, festgelegt durch die Anzahl der Freiheitsgrade der Untersuchungsreihen und dem gewählten Signifikanzniveau, überschreitet.

Mit Hilfe von Korrelationsrechnungen, die die Abhängigkeit gewonnener Messergebnisse voneinander untersuchen, kann festgestellt werden, ob zwischen den Parametern eine signifikante gegenseitige Beeinflussbarkeit vorliegt (Weber 1980).

Durch die Berechnung des Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) kann die Intensität des Zusammenhanges zweier Variablen ermittelt werden. Besteht kein Zusammenhang zwischen den untersuchten Proben, so ist  $r = 0$ , während ein streng linearer Zusammenhang bei  $r = +1$  oder  $-1$  besteht.

Die Signifikanz von  $r$  kann mit dem t-Test bestimmt werden.

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot (n-2)$$

Die zugehörige Irrtumswahrscheinlichkeit ( $P$ ) wird aus der Tabelle für die t- Verteilung

entnommen.

Der P-Wert gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit nur durch Zufall ein Korrelationskoeffizient erhalten werden kann, obwohl der wirkliche gleich 0 ist. Bei der Behauptung, dass der wirkliche Korrelationskoeffizient von 0 verschieden ist, liegt ein Irrtum in multipliziert mit 100 % der Fälle vor.

Als signifikant wurden in dieser Arbeit Korrelationskoeffizienten bezeichnet, deren Irrtumswahrscheinlichkeitswert P kleiner 0,05 (5 %) war.

0,05	- P =	1,00	=	5,0 % bis 100,0 %	nicht signifikant (-)	
0,01	- P =	0,05	=	1,0 % bis 5,0 %	schwach	(+)
0,001	- P =	0,01	=	0,1 % bis 1,0 %		(++)
0,000	- P =	0,001	=	0,0 % bis 0,1 %	hoch	(+++)

Ist der Korrelationskoeffizient kleiner als +1, so kann das Maß der Vorhersagekraft einer Korrelation geschätzt werden, indem der Korrelationskoeffizient quadriert wird (Bestimmtheitsmaß).

Bei einem Koeffizient von  $r = 0,8$  bedeutet dies z.B., dass 64 % der untersuchten Werte mit der Größe der zweiten Variablen erklärt werden können. Das bedeutet, dass der Bereich, in dem der untersuchte Wert liegt, von der gesamten Breite (100 %) auf 36 % eingeengt werden kann.

Daraus folgt, dass ein Korrelationskoeffizient, der zwar statistisch signifikant, also deutlich und nicht nur zufällig verschieden von Null ist, nicht unbedingt für die Vorhersage von Nutzen sein muss. So kann zum Beispiel ein Korrelationskoeffizient von  $r = 0,2$  statistisch signifikant sein, also auf eine gewisse Abhängigkeit der untersuchten Variablen hinweisen, doch lassen sich nur 4 % der Werte erklären, was für eine klinische Anwendung unwesentlich ist. Korrelationskoeffizienten 0,7 bis 0,8 sind daher, ungeachtet der Signifikanz, von geringer Bedeutung für eine Vorhersage (Gimpel 1982).

### 3.3. Ergebnisse

#### 3.3.1. Bestimmung der Ähnlichkeit mittels Symphysenvergleich

Entsprechend des Symphysenvergleiches des Kindes zum Zeitpunkt K1 erfolgte die Zuordnung zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil.

Über die Ähnlichkeit von Vätern und Müttern zu ihren Töchtern und Söhnen gibt die Abb.9 Auskunft.

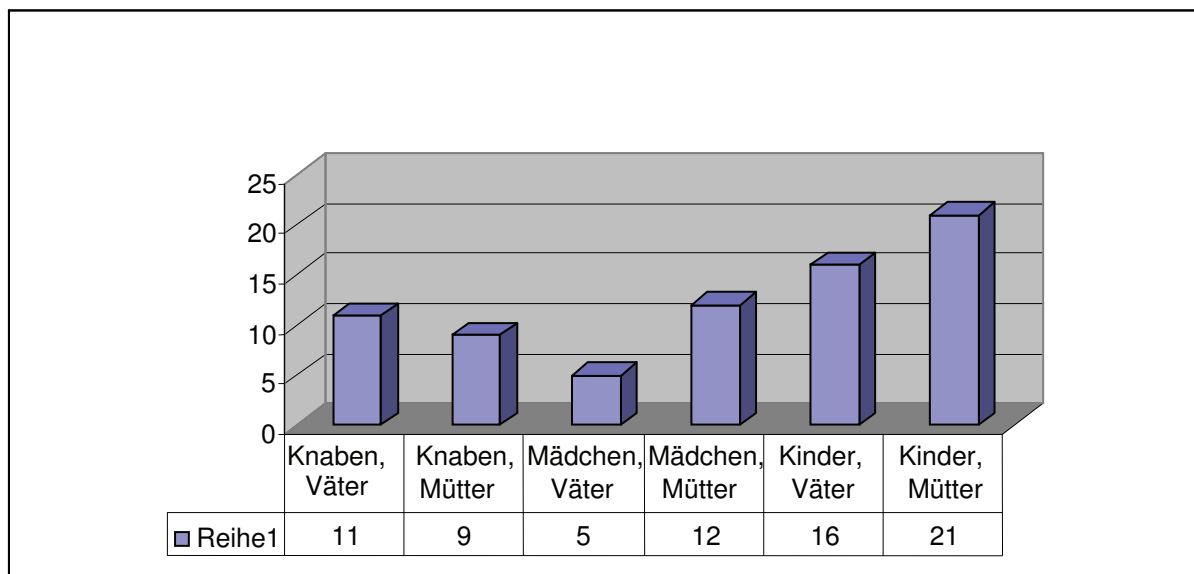


Abb.9: Ähnlichkeit der Väter und Mütter zu ihren Töchtern und Söhnen nach dem Symphysenvergleich ( K1)

Mit 21 Kindern überwog die Ähnlichkeit der Kinder mit der Mutter. Dies trifft geschlechtsspezifisch nicht zu. Bei den Söhnen war das Verhältnis ihrer Ähnlichkeit zu Vater oder Mutter mit 11:9 eher ausgewogen. Bei den Mädchen dominierte dagegen die Ähnlichkeit mit der Mutter.

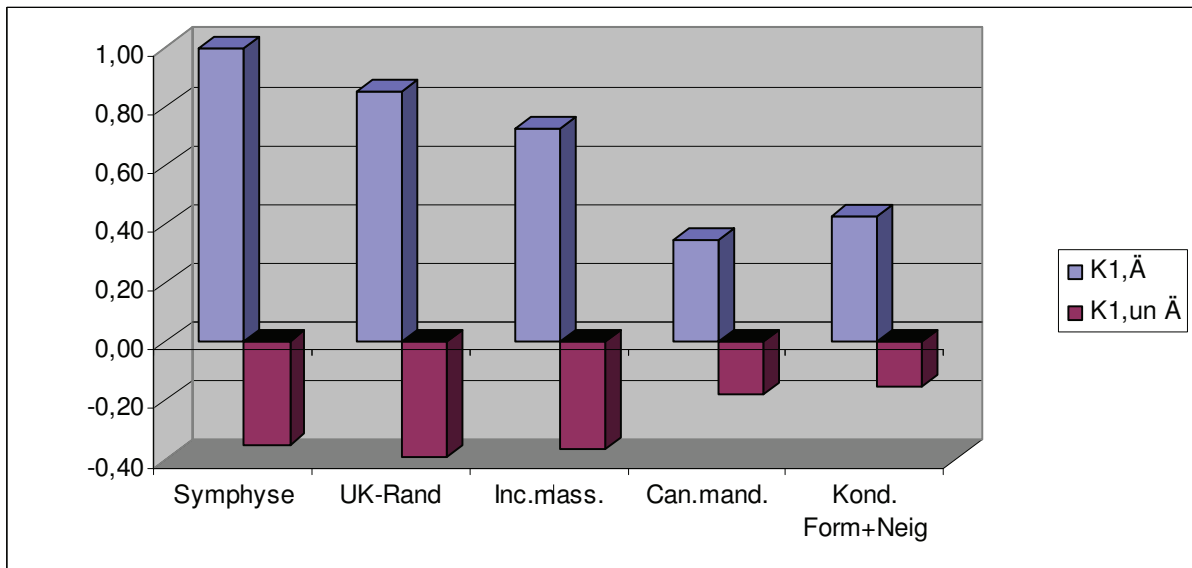


Abb. 10: Korrelation der Strukturmerkmale (nach Björk) des Kindes zum Zeitpunkt K1 zum ähnlichen (Ä) und unähnlichen Elternteil (un Ä)

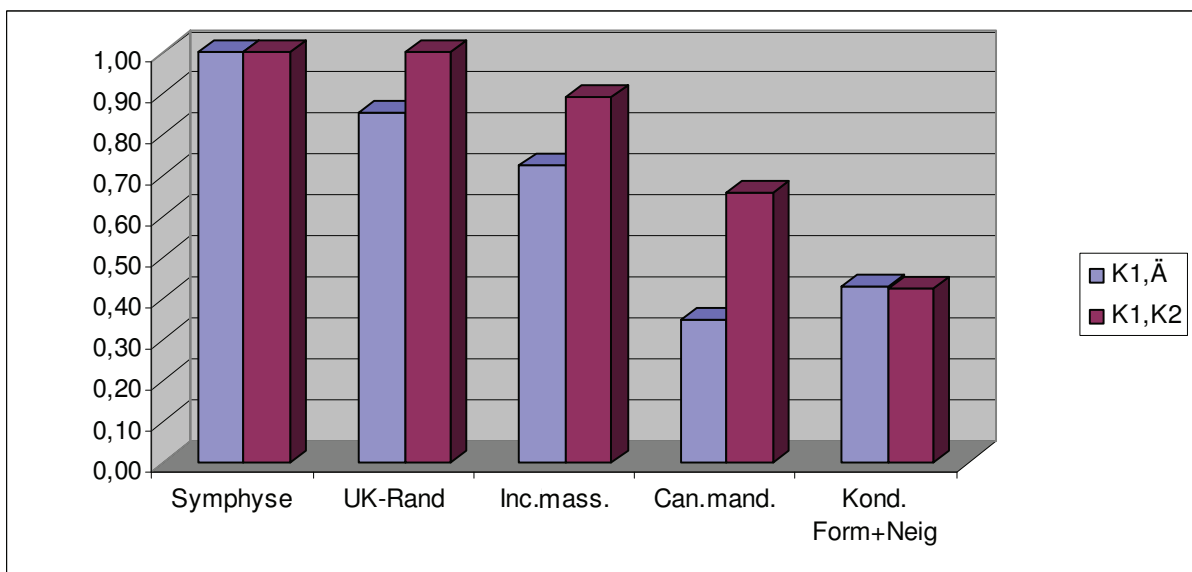


Abb. 11: Korrelation der Strukturmerkmale (nach Björk) des Kindes zum Zeitpunkt K1 mit dem ähnlichen Elternteil (Ä) und zwischen K1 und K2

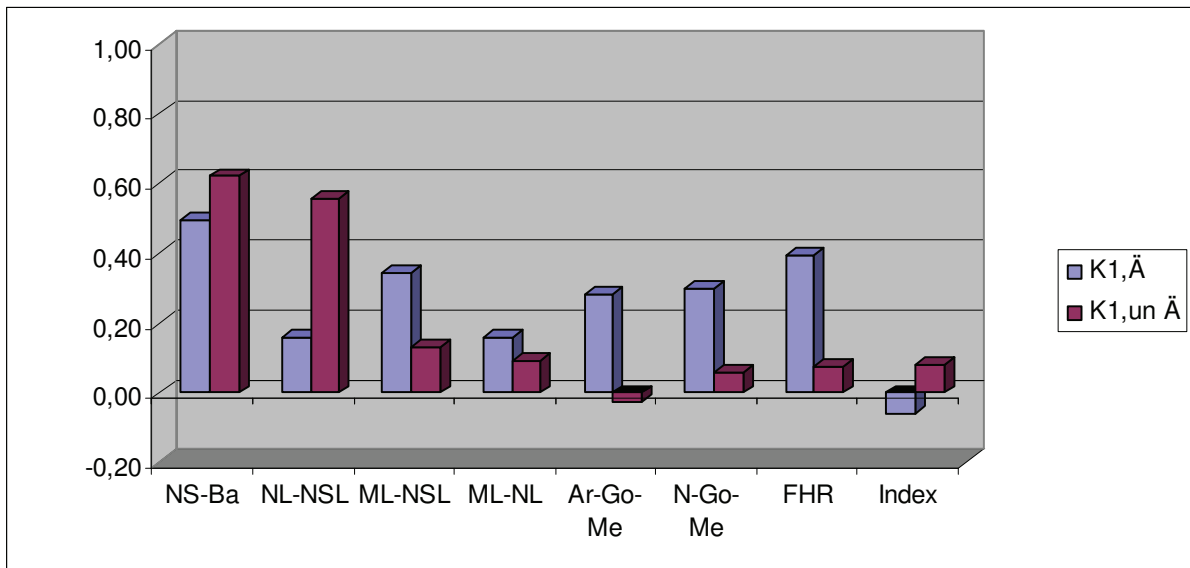


Abb. 12: Vergleich der Korrelation der Parameter des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus des Kindes zum Zeitpunkt K1 mit dem ähnlichen (Ä) und unähnlichen Elternteil (un Ä)

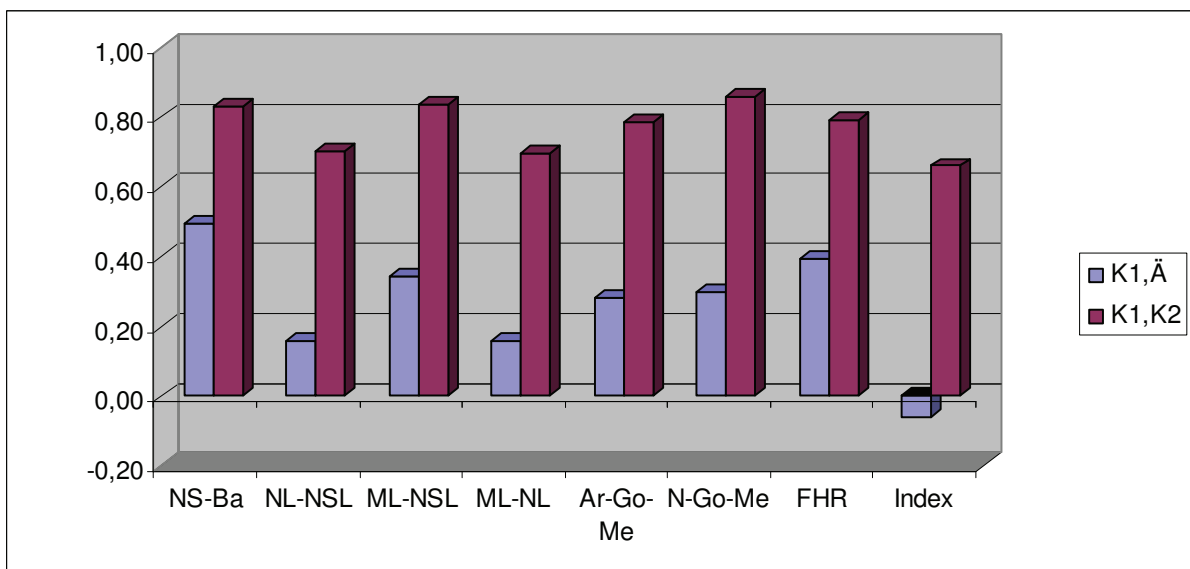


Abb. 13: Vergleich der Korrelation der Parameter des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus des Kindes zum Zeitpunkt K1 mit dem ähnlichen Elternteil (Ä) und zwischen K1 und K2

Aus Abb. 10-13 geht hervor, dass das Kind zu beiden Untersuchungszeitpunkten (K1, K2) eine höchste Korrelation zu seinem ähnlichen Elternteil aufweist. Das heißt, das bereits im Alter von 9,1 Jahren Kinder bezüglich der Form und Neigung der Symphyse typisch sind. Der Vergleich mit dem unähnlichen Elternteil sowie die Gegenüberstellung von ähnlichem und unähnlichem Elternteil weist eine negative Korrelation aus.

### 3.3.2. Strukturelle Analyse

Neben der Struktur „Symphyse“ sind in den Abb. 14, 15, 16, 17, 18 auch alle anderen Strukturmerkmale in Bezug auf ihre Korrelation mit dem durch den Symphysenvergleich ermittelten ähnlichen Elternteil, aber auch zwischen K1 und K2 dargestellt. Außerdem erfolgte der Vergleich von K1 und K2 mit dem unähnlichen Elternteil. Zum Zweck der Methodensicherheit erfolgte auch der Vergleich der Eltern untereinander.

Eine hohe Korrelation wiesen die Strukturmerkmale „Form des Unterkieferrandes“ und „Incisura masseterica“ auf. Beide Korrelationskoeffizienten weisen im Vergleich K1:K2 die höchsten Werte aus. Außerdem weisen beide Strukturen bereits bei K1 eine hohe Korrelation zum ähnlichen Elternteil (Ä) aus. Deutlich fällt die Korrelation bei den Strukturmerkmalen „Form der Kondylen“ und „Verlauf des canalis mandibularis“ ab. Eine Erklärung für die abgestufte Korrelation kann durch die nicht immer gute Darstellung im FRS-Bild gegeben sein. Insgesamt kann den Strukturmerkmalen ein hoher Stellenwert in Bezug auf die Bestimmung der Ähnlichkeit zwischen ähnlichem Elternteil und Kind zugeordnet werden. Immer ist der Korrelationskoeffizient von K1 zu K2 am höchsten.

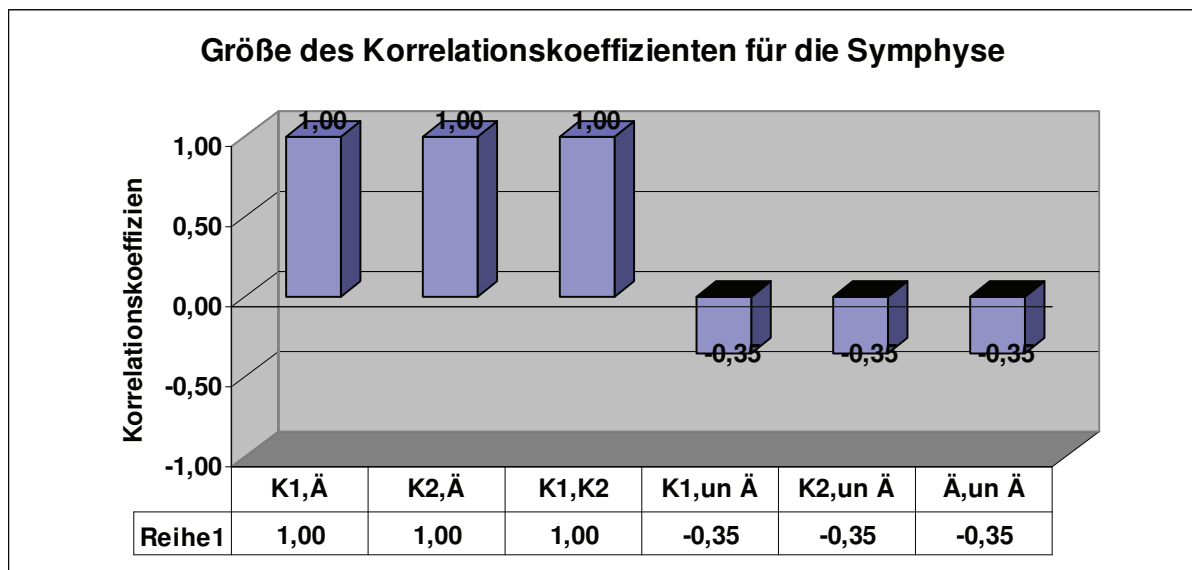


Abb.14: Grösse der Korrelationskoeffizienten für die Form die Symphyse im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

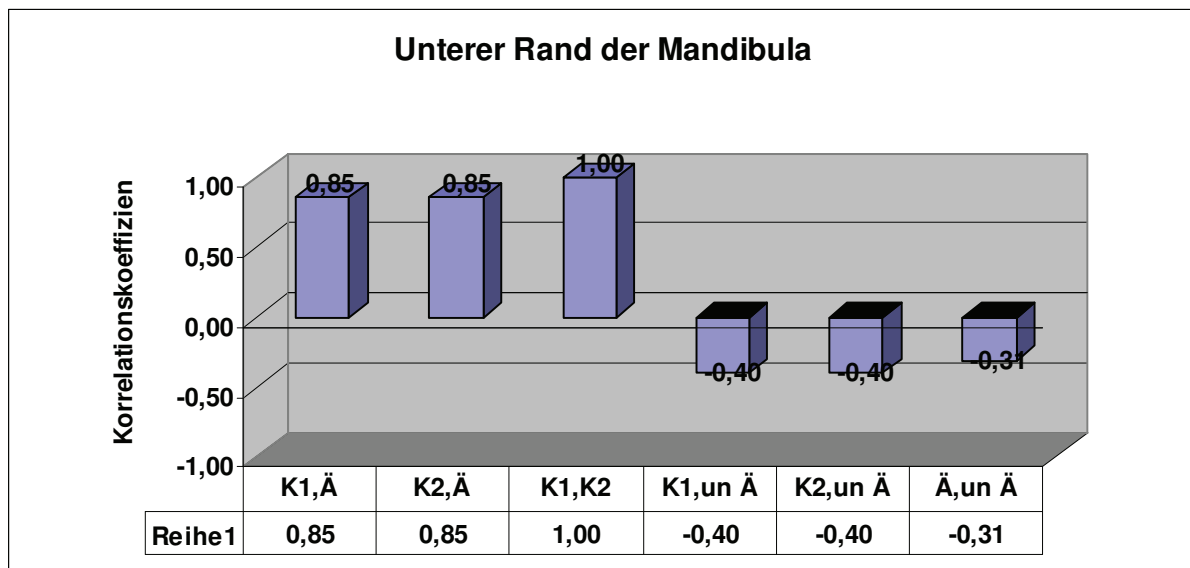


Abb.15: Größe der Korrelationskoeffizienten für den unteren Rand der Mandibula im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

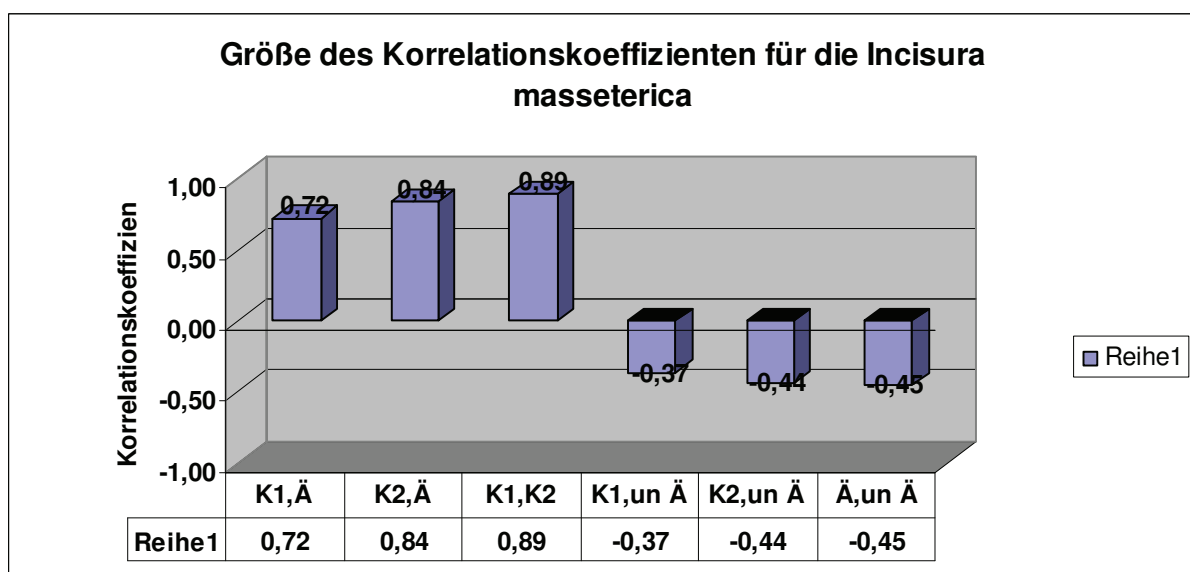


Abb. 16: Größe der Korrelationskoeffizienten für Incisura masseterica im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil



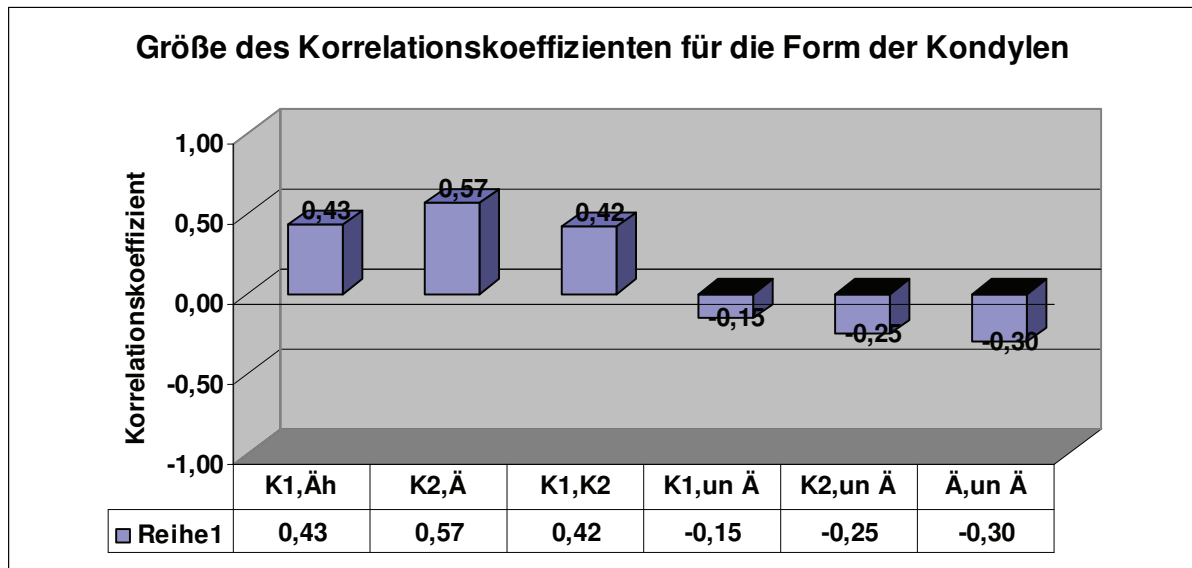


Abb. 17: Größe der Korrelationskoeffizienten für die Form der Kondylen im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

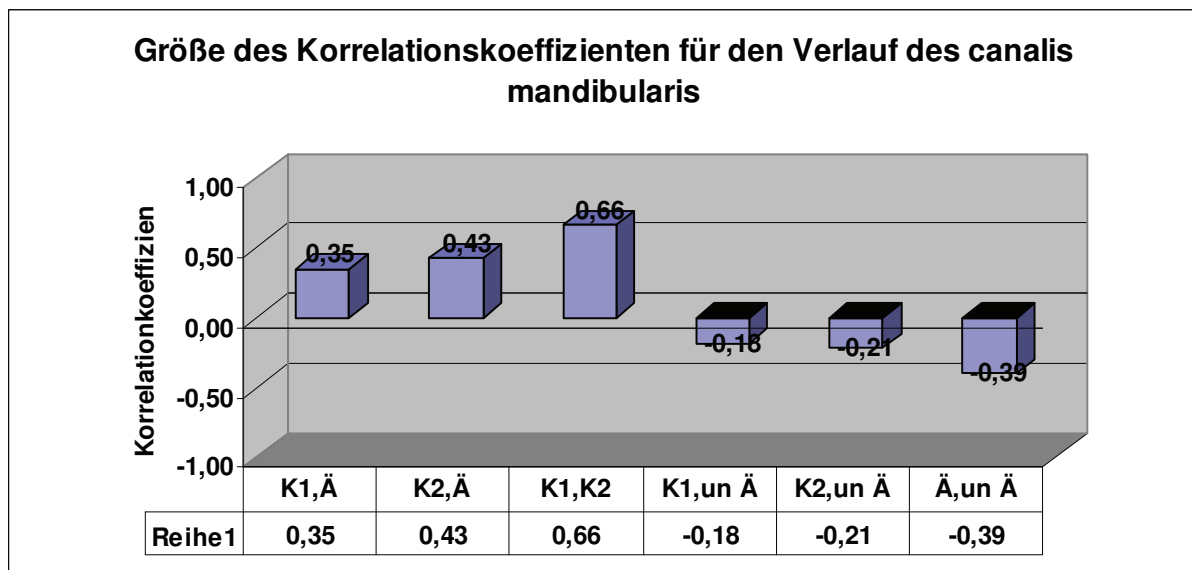


Abb. 18: Größe der Korrelationskoeffizienten für den Verlauf des canalis Mandibularis im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

### 3.3.3. Metrische Kephallometrie – Vertikale Analyse (Abb. 19-26)

In Bezug auf die prognostische Sicherheit der Ähnlichkeitsbestimmung des Kindes mit seinem durch den Symphysenvergleich ermittelten ähnlichem Elternteil (Ä) erweisen sich alle 8 geprüften Merkmale der vertikalen Analyse gegenüber den Strukturmerkmalen als weniger gut geeignet. Bei allen 8 Parametern bleibt der Korrelationskoeffizient zwischen dem Kind zum Zeitpunkt K1 und seinem ähnlichen Elternteil (Ä) sehr stark unter dem von K1 zu K2 zurück.

Der Index als vertikaler Parameter der vorderen Gesichtshöhe erweist sich als gänzlich ungeeignet für die Prognose. Das trifft ebenso auf den Schädelbasisknickungswinkel (NSBa) zu sowie auf die Neigung der Oberkieferbasis zur Schädelbasis (NL-NSL). Die Neigung der Unterkiefergrundebene zur Schädelbasis (ML-NSL), die Relation der hinteren zur vorderen Gesichtshöhe (FHR %) sowie der untere Gonionwinkel lassen taugliche Korrelationen von K1 zum ähnlichen Elternteil zu. Das bestätigt sich zum Zeitpunkt K2. Die genannten vertikalen Parameter der metrischen Kephallometrie weisen eine hohe Korrelation zwischen K1 und K2 aus. Das bedeutet, dass bereits nach dem Schneidezahnwechsel im Alter von 9 Jahren die Fernröntgenaufnahme einen guten Vorhersagewert bezüglich des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus für die individuelle Entwicklung ermöglicht.

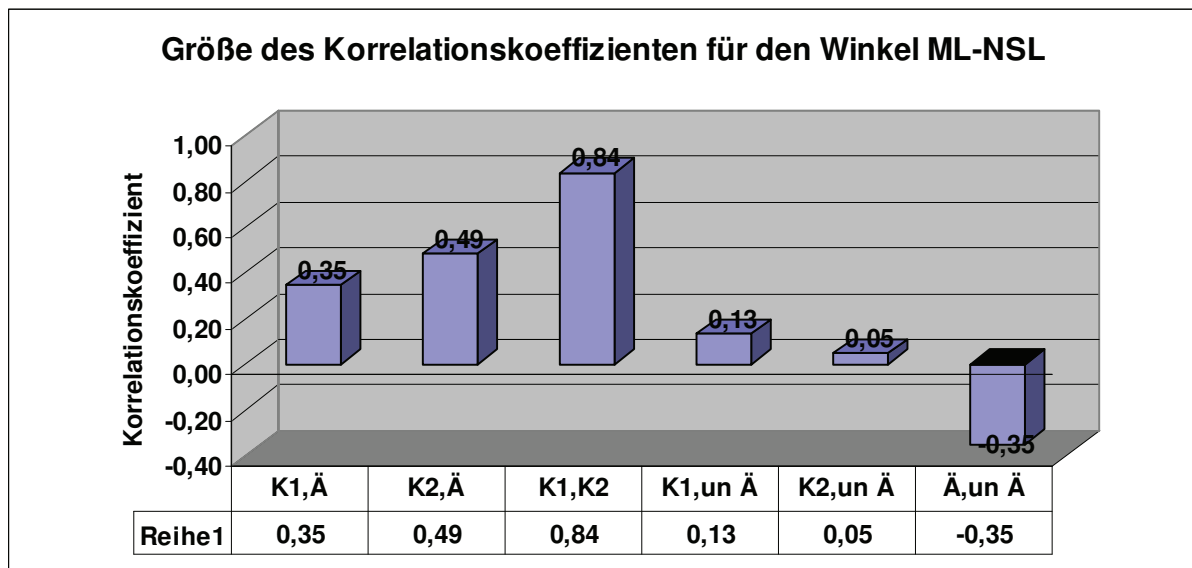


Abb. 19: Größe der Korrelationskoeffizienten für den Winkel ML-NSL im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

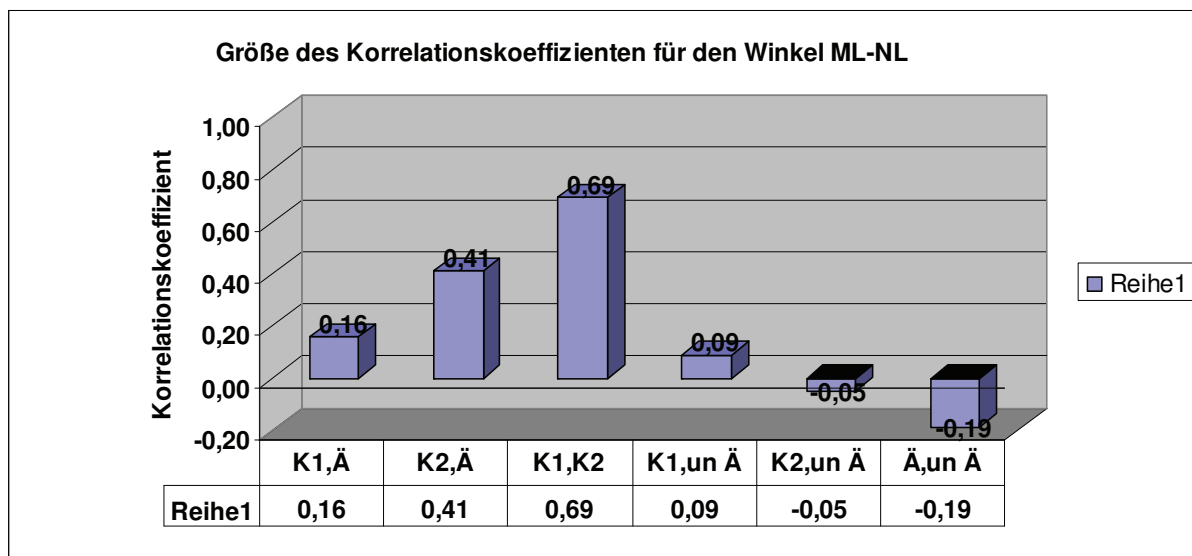


Abb. 20: Größe der Korrelationskoeffizienten für den Winkel ML-NL im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

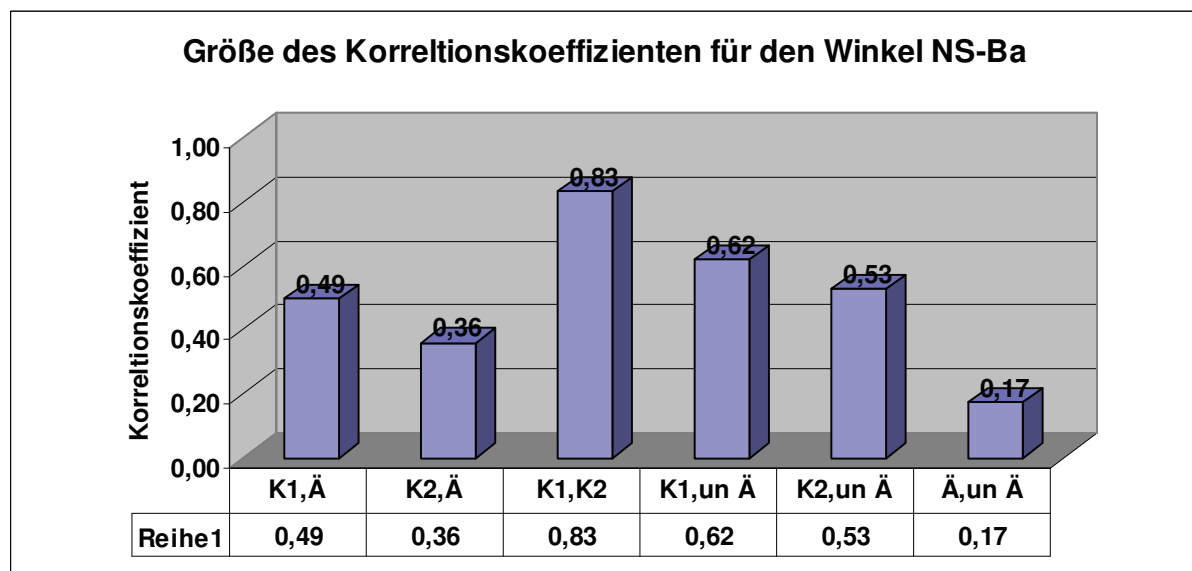


Abb. 21: Größe der Korrelationskoeffizienten für den Winkel NS-Ba im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

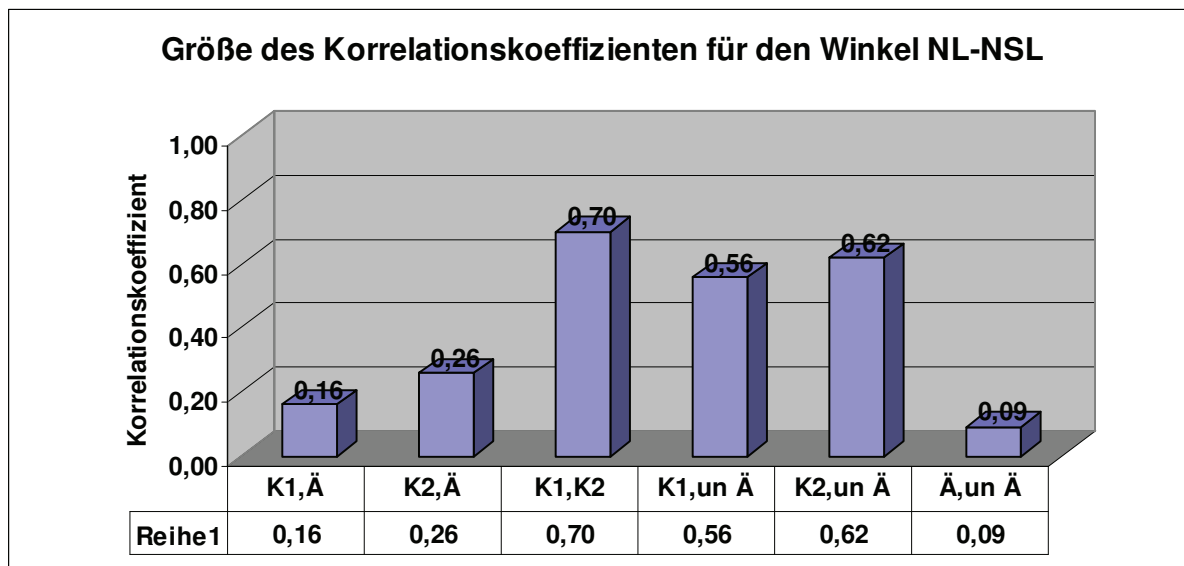


Abb. 22: Größe der Korrelationskoeffizienten für den Winkel NL-NSL im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

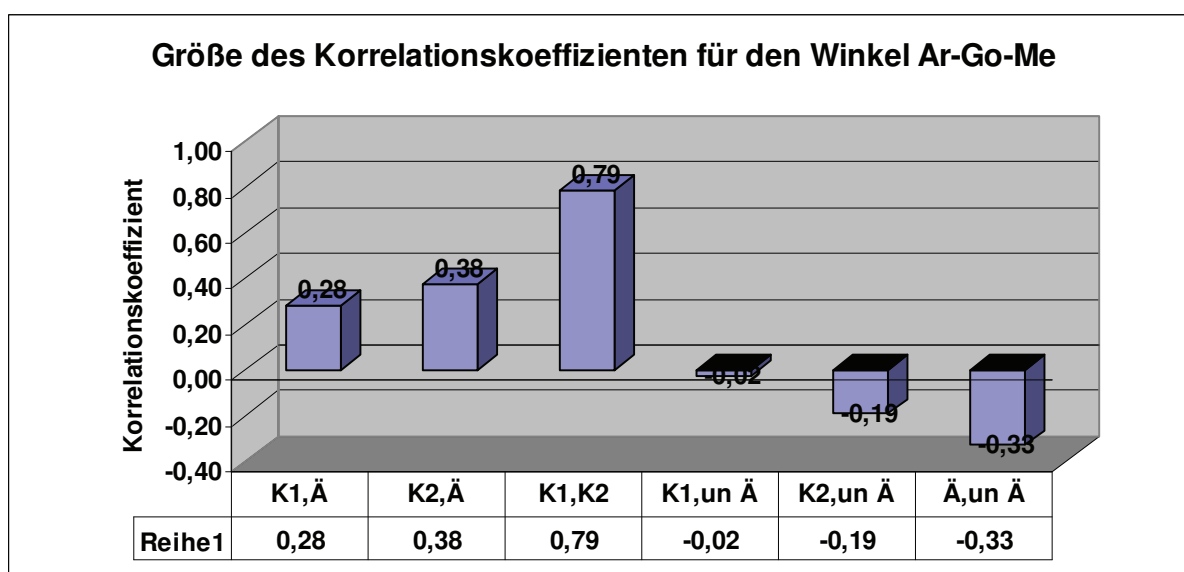


Abb. 23: Größe der Korrelationskoeffizienten für den Winkel Ar-Go-Me im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

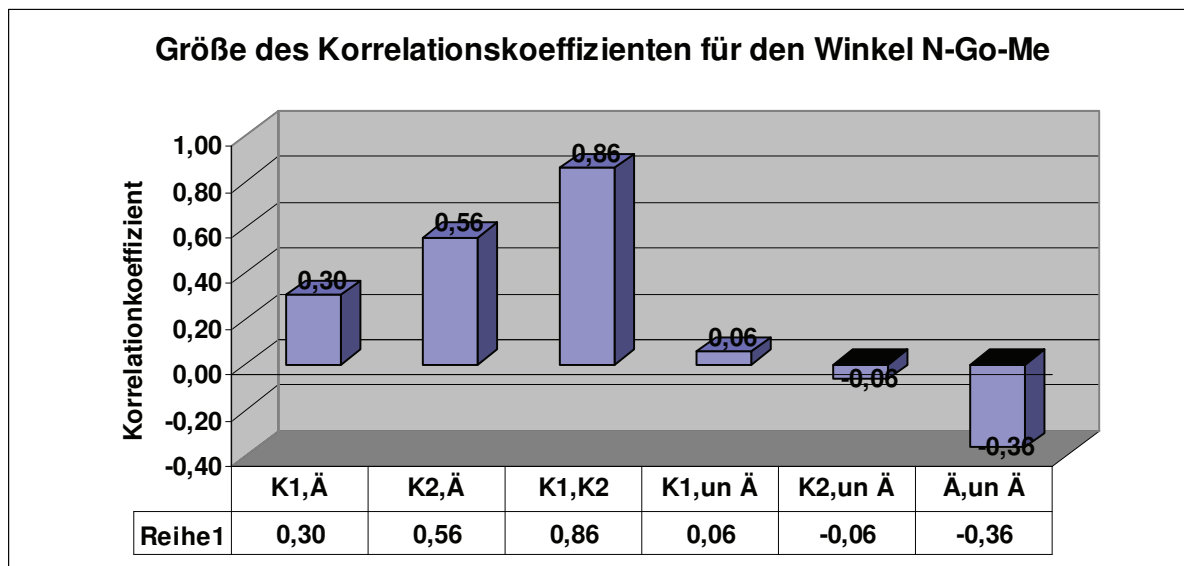


Abb. 24: Größe der Korrelationskoeffizienten für den Winkel N-Go-Me im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

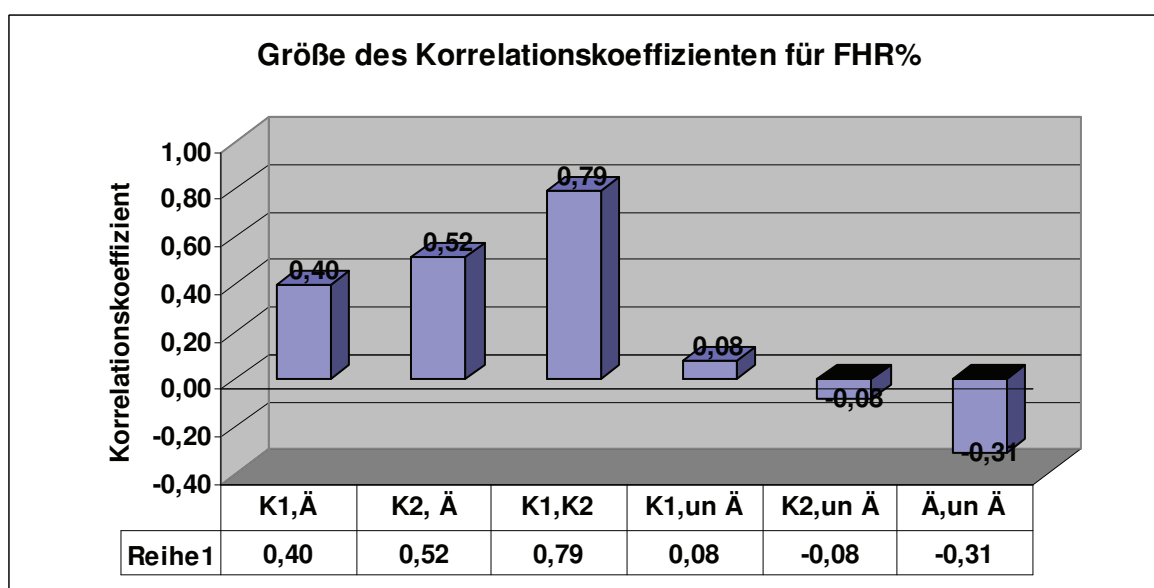


Abb. 25: Größe der Korrelationskoeffizienten für FHR % im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

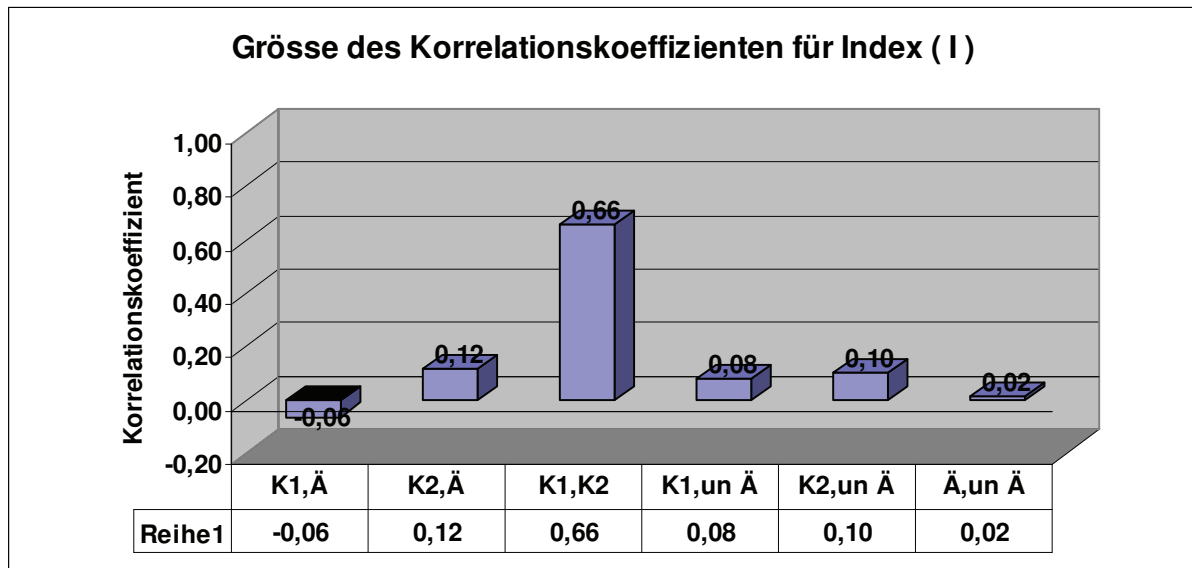


Abb. 26: Grösse der Korrelationskoeffizienten für den Index % (I) im Vergleich von K1 und K2 zum ähnlichen und unähnlichen Elternteil

### 3.3.4. Ermittlung der Unterkieferwachstumsrichtung

Die Bestimmung des Wachstumsmusters mittels struktureller Analyse und metrischer Analyse ergab (s. S. 38), dass 25 der untersuchten Kinder (69 %) ein horizontales Wachstumsmuster hatten. 12 Kinder wiesen ein vertikales Wachstumsmuster (32 %) auf. Die Abb. 27 zeigt das Wachstumsmuster der untersuchten Probanden im Vergleich zu ihrem ähnlichen und unähnlichen Elternteil.

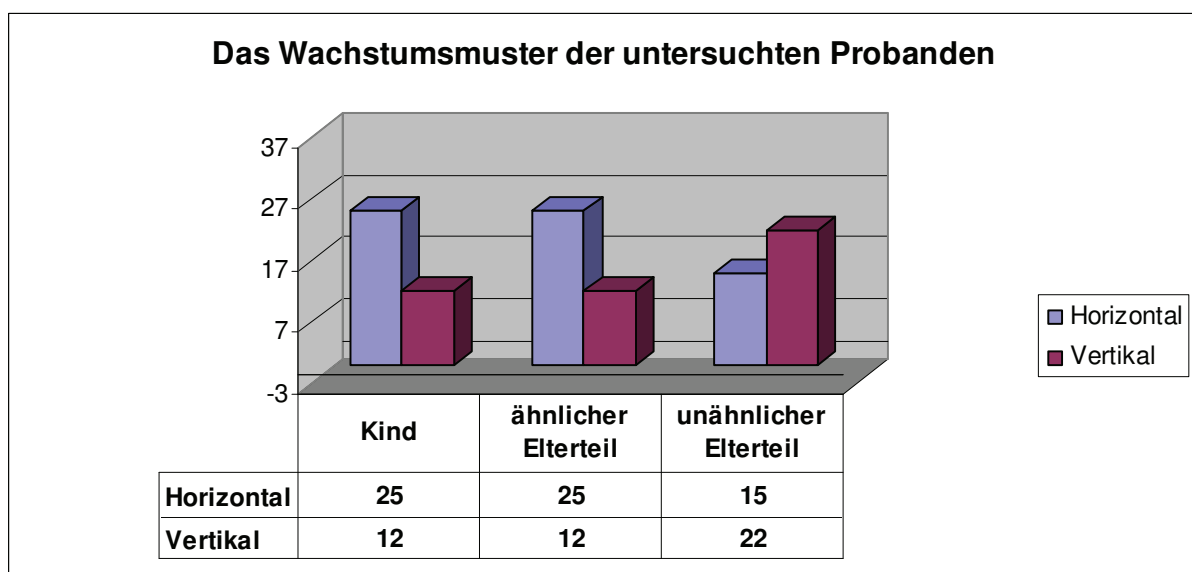


Abb. 27: Das Wachstumsmuster der Probanden (Kinder und Eltern) zum Zeitpunkt K1

### 3.3.5. Weichteilanalyse

#### 3.3.5.1. Zungenlage (Abb. 28- 30, Tabellen 6-8)

Die Zusammenstellung der Ergebnisse der Zungenruhelage lässt nur bei 6 Kindern zum Zeitpunkt K1 eine regelrechte Lage der Zunge mit Anlagerung von Zungenrücken und Zungengrund am harten und weichen Gaumen erkennen. 30 Kinder weisen eine meist tiefe Zungenruhelage aus. Immerhin ist nach der Therapie bei K2 das Verhältnis umgekehrt. Trotzdem ist die Ruhelage noch bei 12 der 37 Kinder pathologisch. Auch bei den 62 Elternteilen werden 29mal tiefe Zungenlagen registriert.

Alle Kinder, die zum Zeitpunkt K1 eine regelrechte Zungenruhelage aufwiesen, haben diese auch zum Zeitpunkt K2. Von den 27 Kindern mit tiefer Zungenlage bei K1 konnten bei K2 18 mit regelrechter Zungenlage registriert werden. Bemerkenswert ist, dass deren Eltern ebenfalls mit nahezu 50 % eine pathologische Zungenruhelage hatten. Bei 2 von den 3 Kindern mit interdentaler Zungenlage zum Zeitpunkt K1 verharrte diese auch bei K2. In Abhängigkeit vom vertikalen Gesichtsschädelaufbau (Abb. 29, 30) zeigt sich bei den Kindern mit vertikal-posteriorem Rotationsmuster nur bei einem Kind (7 %) eine regelrechte Zungenruhelage. Auch beim horizontalen Wachstumsmuster dominiert die tiefe Zungenruhelage bei den Kindern zum Zeitpunkt K1.

Zum Zeitpunkt K2 zeigen sich die Ergebnisse deutlich von der Wachstumsrichtung abhängig. Nur bei der Hälfte der Kinder mit vertikalem Rotationsmuster liegt eine regelrechte Zungenruhelage vor, bei denen mit horizontaler zu 77 %. Auch bei letzteren verbleibt also nach der Therapie ein Viertel der Kinder mit einer tiefen Zungenruhelage. Auch die Eltern (Ä n=16 und UnÄ 13) weisen in bemerkenswertem Umfang eine tiefe Zungenruhelage auf. Deren Zusammenhang mit der Bisslageanomalie kann nicht abgeklärt werden.

Tabelle 7: Die Zungenruhelage bei den untersuchten Probanden (P= 0,001)

	K1	K2	Ä	un Ä
Regelrecht	6	25	21	19
Tief	27	9	16	13
Interdental	3	3	0	1
Nicht Erkennbar	1	0	0	4

Da die absoluten Zahlen eine schwierige Orientierung über die vorhandenen Verhältnisse zwischen K1 und K2 sowie den Eltern (Ä, un Ä) ermöglichen, werden in den Tabellen 28 bis 30 Prozentangaben vorgenommen, obwohl die absoluten Zahlen geringer sind als die

Prozente das trifft auch auf die Abschnitte 3.3.5.2 bis 4.

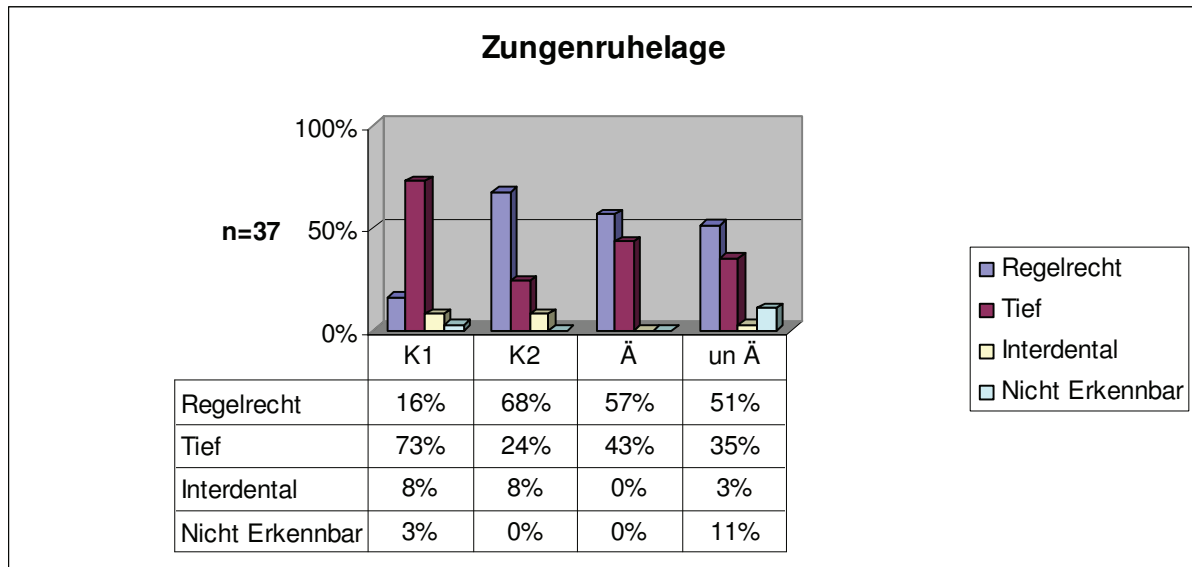


Abb. 28: Zungenruhelage in Prozent

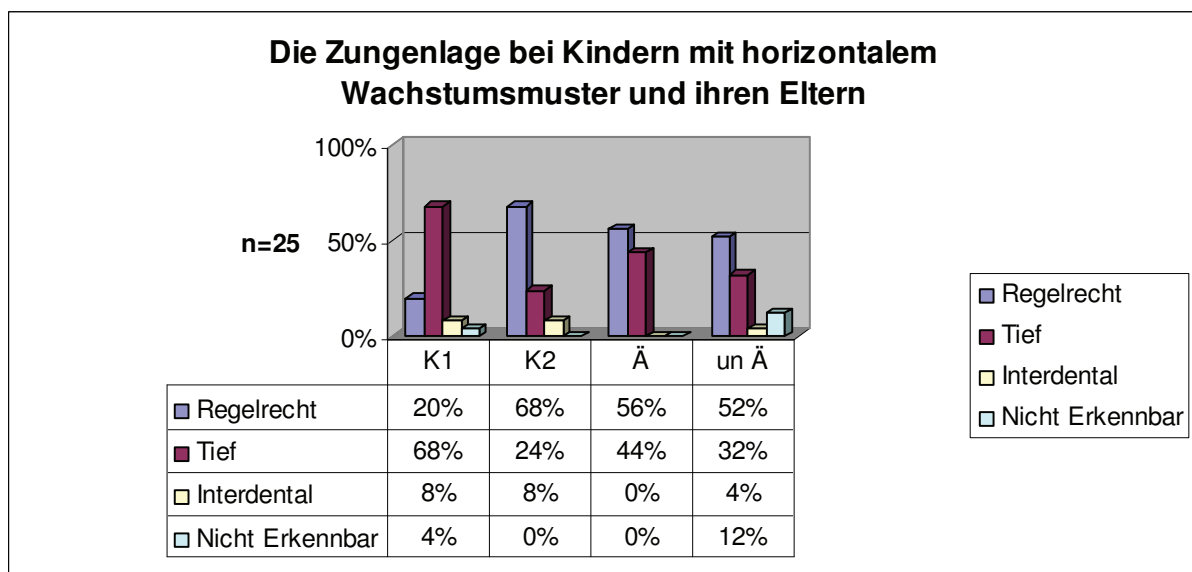


Abb. 29: Die Zungenruhelage bei den Kindern mit horizontalem Wachstumsmuster und ihren Eltern in Prozent



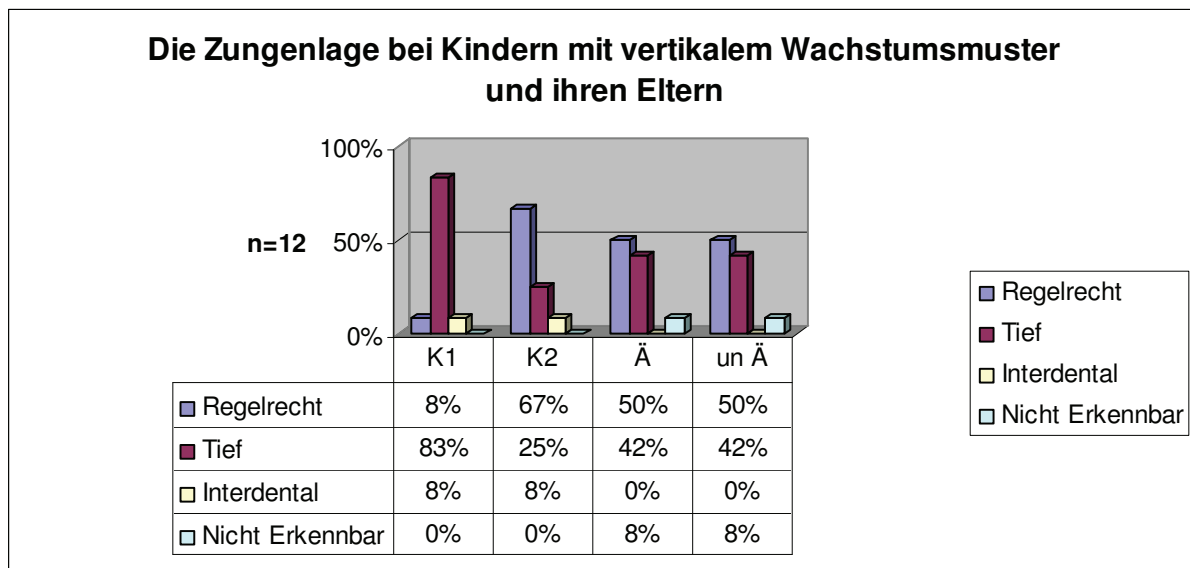


Abb. 30: Die Zungenruhelage bei den Kindern mit vertikalem Wachstumsmuster und ihren Eltern in Prozent

Tabelle. 8: Bisslage bei den K1 mit tiefen Zungenlage (P= 0,001)

		K1	K2	Ä	un Ä
Bisslage	Klasse I	8	22	5	10
	Klasse II	17	4	20	14
	Klasse III	2	1	2	3

### 3.3.5.2. Pharynxweite (Abb.31-33, Tab. 9-11)

Bei 11 der 37 Kinder lag eine definierte Einengung der Pharynxweite bei K1 vor. Bei K2 wiesen nur noch 3 Kinder diesen Befund aus. Bei keinem Kind mit regelrechter Pharynxweite wurde nachträglich zum Zeitpunkt K2 eine Einengung beobachtet.

Bei den Eltern stellte die enge Pharynxweite einen Ausnahmefund dar.

42% der Kinder mit vertikalem Wachstumsmuster und 24% mit horizontalem wiesen eine eingeeengte Pharynxweite auf (Abbildung 24-25).

Tabelle 9: Die Pharynxweite bei den untersuchten Probanden (P= 0,006)

	K1	K2	Ä	Un Ä
Regelrecht	26	34	35	35
Eingeengt	11	3	2	2

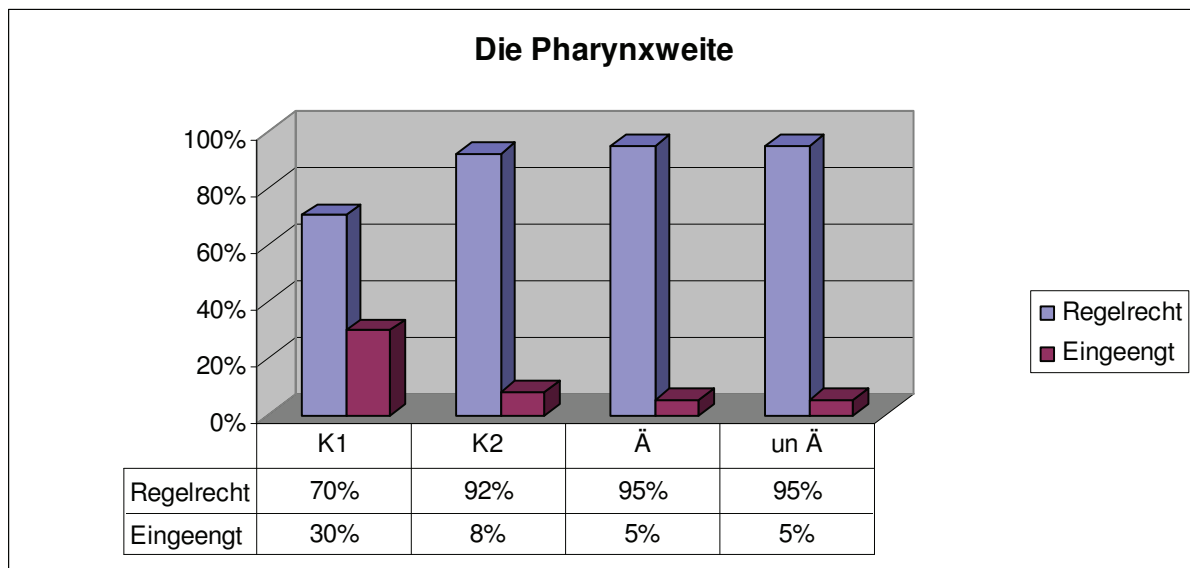


Abb. 31: Die Pharynxweite bei den untersuchten Probanden (in Prozent)

Tabelle 10: Pharynxweite bei Kindern mit horizontalem Wachstumsmuster und ihren Eltern ( $P > 0,05$  nicht signifikant)

	K1	K2	Ä	un Ä
Regelrecht	19	23	24	24
Eingeengt	6	2	1	1

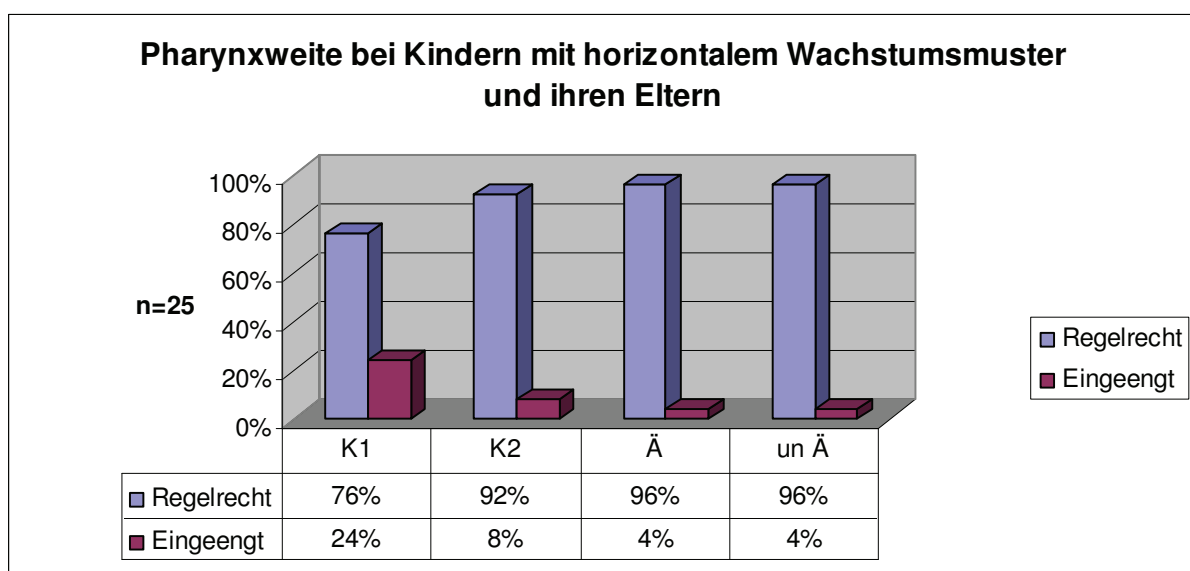


Abb.32: Die Pharynxweite bei Kindern mit horizontalem Wachstumsmuster und ihren Eltern (in Prozent)

Tabelle 11: Die Pharynxweite bei Kindern mit vertikalem Wachstumsmuster und ihren Eltern (P= 0,038)

	K1	K2	Ä	un Ä
Regelrecht	7	11	12	10
Eingeengt	5	1	0	2

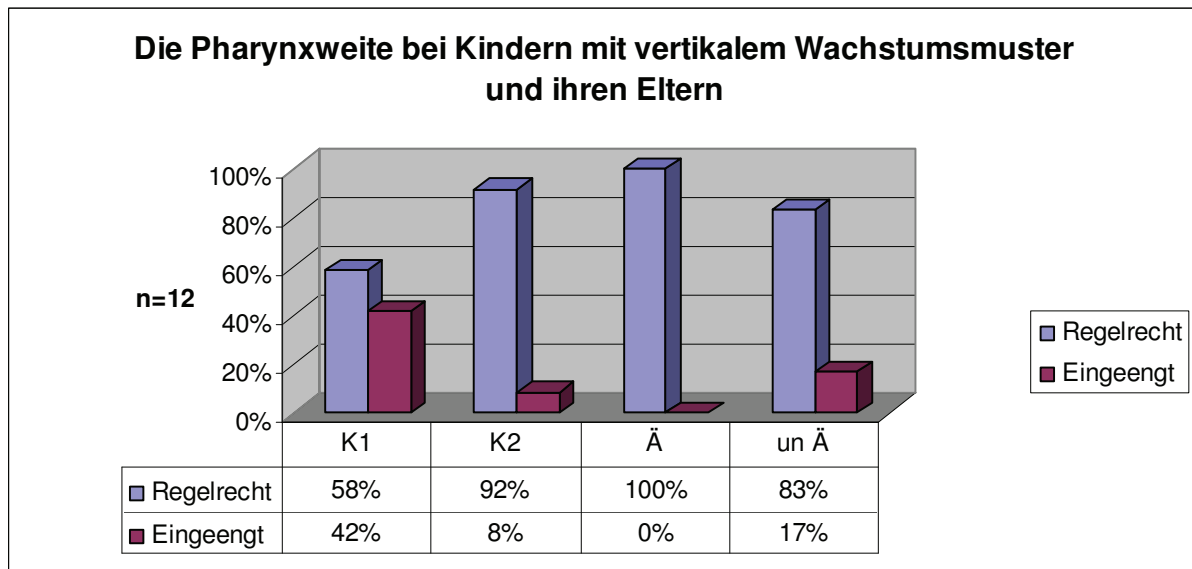


Abb.33: Die Pharynxweite bei Kindern mit vertikalem Wachstumsmuster und ihren Eltern (in Prozent)

### 3.3.6. Die sagittalen Okklusionsbeziehungen

#### 3.3.6.1. Bisslage (Abb. 26, 27, 28, Tab,12, 13, 14)

Die Angle-Klassen der Kinder im Bereich der Zahnreihen wurden 11mal als Kl. I, 23mal als Kl. II und 3mal als Kl. III diagnostiziert. Eine ähnliche Verteilung lag bei den Eltern vor. Bei einer differenzierten Betrachtung der Bisslagen Kl. II der Kinder K1 fällt auf, dass auch bei wenigstens einem ihrer Elternteile (Ä und UnÄ) der Anteil der Kl. II zwei- bis dreimal so hoch ist wie bei Eltern, deren Kinder eine Kl. I aufwiesen. Zum Zeitpunkt K2 hatten noch 5 Kinder eine Kl. II, deren Ausmaß aber gegenüber dem Anfangsbefund deutlich reduziert war. Bei drei Kindern mit Kl. III konnte nur einmal bei einem ähnlichen Elternteil (Ä) ebenfalls eine Kl. III festgestellt werden.

Tabelle 12: Die Bisslage bei den untersuchten Probanden ( P= 0,001)

	K1	K2	Ä	un Ä
I	10	29	9	16
II	23	5	25	17
III	3	1	3	4

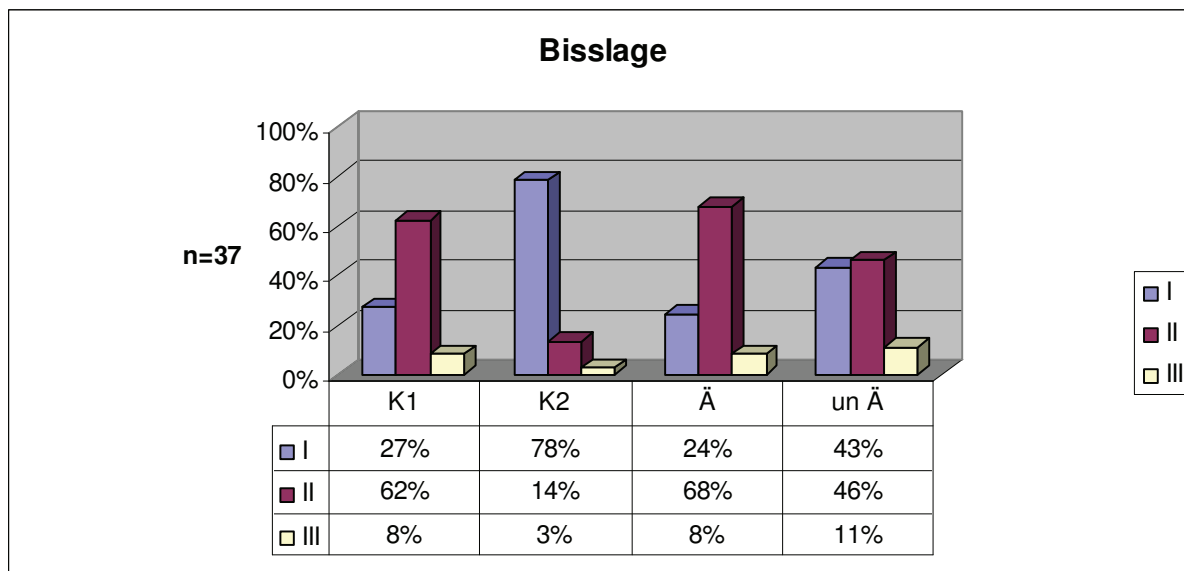


Abb. 34: Die Bisslage bei den untersuchten Probanden (in Prozent)

Tabelle 13: Die Bisslage bei den Kinder mit horizontalen Wachstumsmuster und ihren Eltern (P= 0,001)

	K1	K2	Ä	un Ä
I	8	22	5	12
II	15	2	17	9
III	2	1	3	4

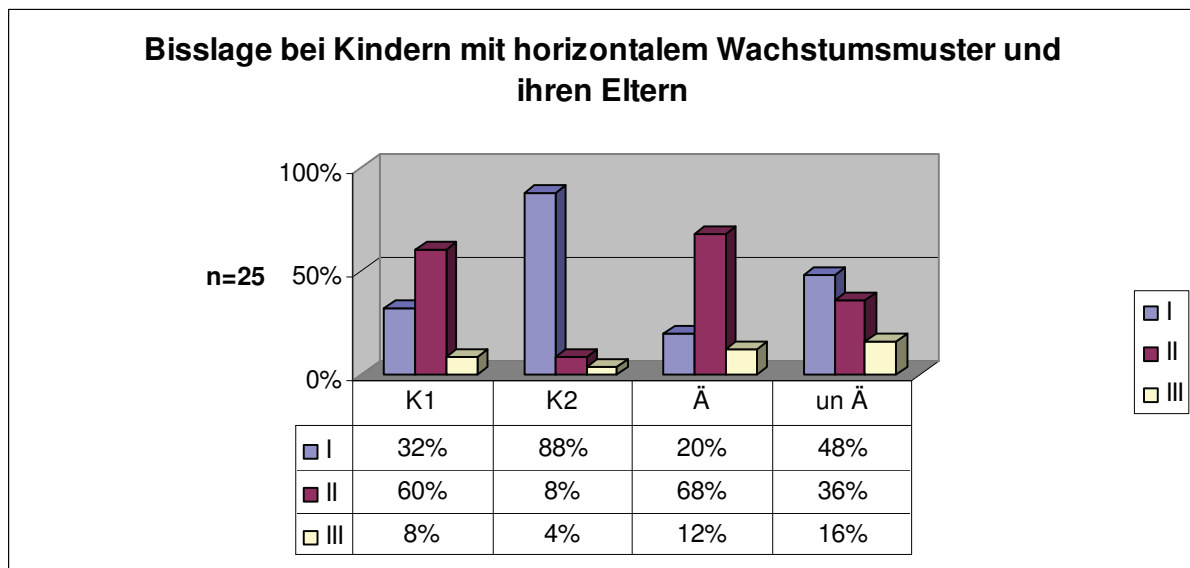


Abb. 35: Die Bisslage bei Kindern mit horizontalem Wachstumsmuster und ihren Eltern (in Prozent)

Tabelle 14: Die Bisslage bei Kindern mit vertikalem Wachstumsmuster und ihren Eltern (  $P > 0,05$  nicht signifikant)

	K1	K2	Ä	un Ä
I	3	9	3	5
II	8	3	9	7
III	1	0	0	0

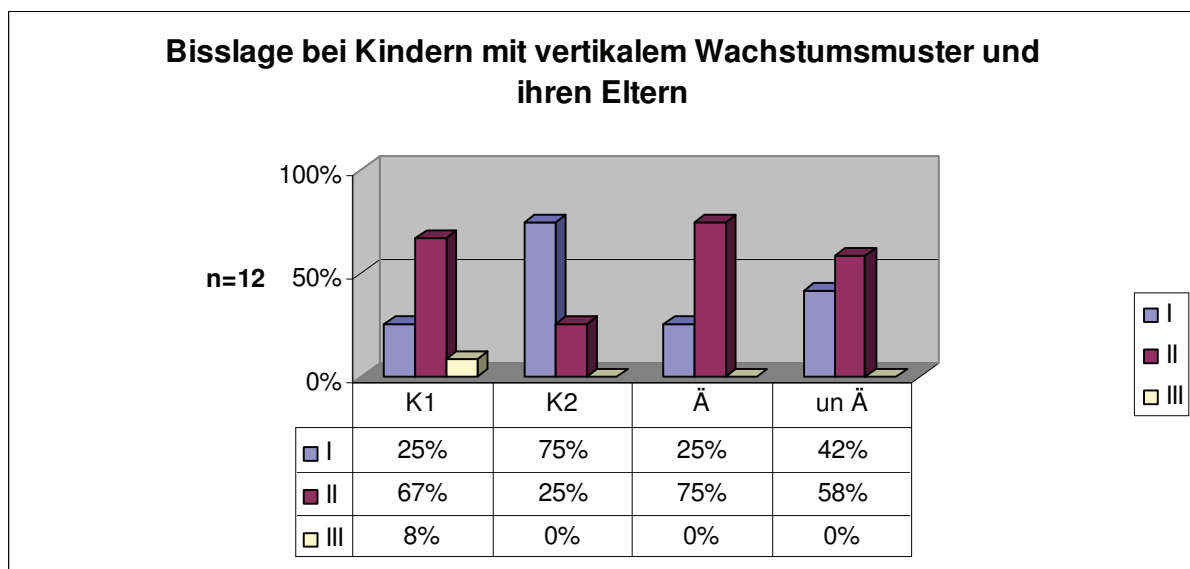


Abb. 36: Die Bisslage bei Kindern mit vertikalem Wachstumsmuster und ihren Eltern (in Prozent)

Die Bisslage gestaltete sich wachstumsmusterunabhängig.

### 3.3.6.2. Overjet

Gegenüber dem Anteil von 23 Kindern mit Kl. II-Bisslagen zum Zeitpunkt K1 wurde eine vergrößerte sagittale Stufe nur 17mal festgestellt. Am Ende der Therapie bestand bei keinem dieser 17 Kinder noch eine vergrößerte sagittale Stufe (Tab. 15). 12 von ihnen hatten ein horizontales Wachstumsmuster (Tab.16) und 5 ein vertikales Wachstumsmuster (Tab. 17). Ein regelrechter Overjet wurde bei 15 Kindern mit dem horizontalen Wachstumsmuster und bei allen Kindern mit vertikalem Rotationsmuster erreicht.

Bei den Eltern wurde 20mal eine vergrößerte sagittale Schneidekantenstufe festgestellt, 10 bei den ähnlichen und 10 bei den unähnlichen Elternteilen. Ein reduzierter Overjet von 0 und <0 mm kam bei K1 5mal, bei K2 einmal vor. Bei 3 Eltern dieser Kinder konnte der Befund ebenfalls erhoben werden.

Tabelle 15: Der Overjet bei den untersuchten Probanden (P= 0,001)

	K1	K2	Ä	un Ä
Regelrecht	15	35	25	26
Vergrößert	17	1	10	10
Kopfbiss,mesial	5	1	2	1

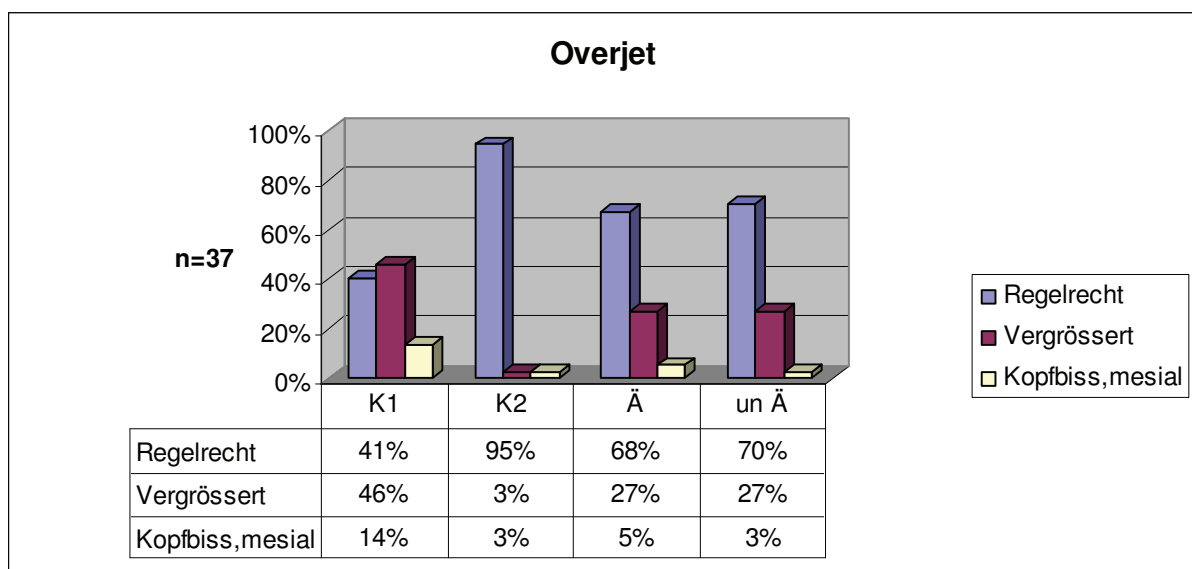


Abb. 37: Der Overjet bei den untersuchten Probanden (in Prozent)

Tabelle 16: Der Overjet bei Kindern mit horizontalem Wachstumsmuster und ihren Eltern ( $p=0,003$ )

	K1	K2	Ä	un Ä
Regelrecht	10	24	18	19
Vergrößert	12	1	5	5
Kopfbiss, mesial	3	0	2	1

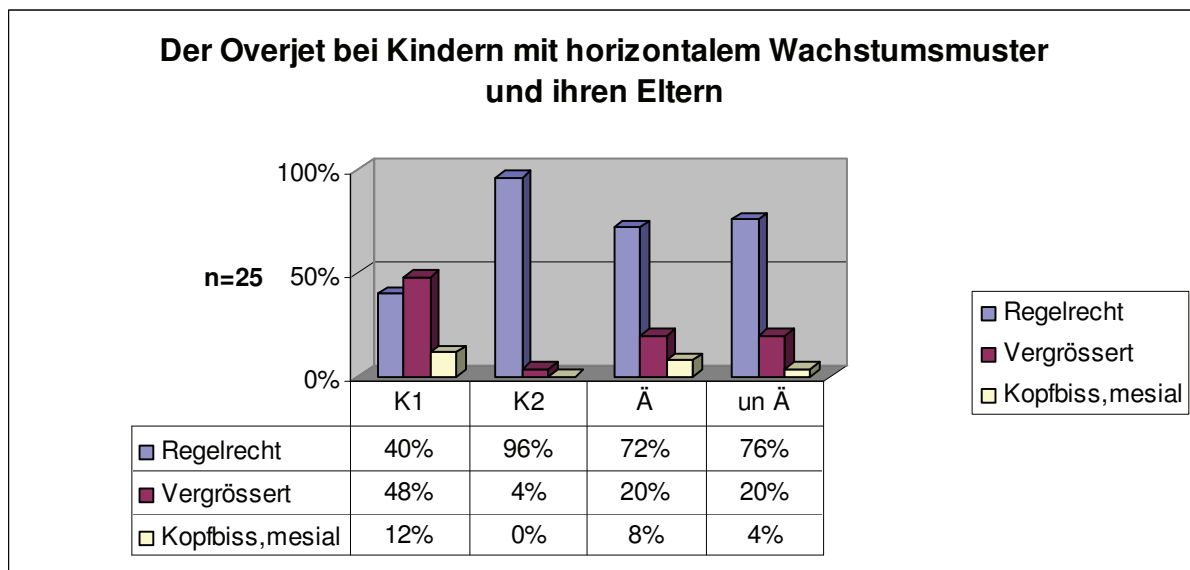


Abb. 38: Der Overjet bei Kindern mit horizontalem Wachstumsmuster und ihren Eltern (in Prozent)

Der Overjet zeigte sich bei den Kindern zum Zeitpunkt K1 und K2 nicht wachstumsmusterspezifisch. In beiden Wachstumsmustergruppen war eine therapeutische Reduzierung der vergrößerten sagittalen Frontzahnstufe bei fast allen Kindern erreicht worden.

Tabelle 17: Der Overjet bei Kindern mit vertikalem Wachstumsmuster und ihren Eltern ( $P>0,05$ )

	K1	K2	Ä	un Ä
Regelrecht	5	11	7	7
Vergrößert	5	0	5	5
Kopfbiss, mesial	2	1	0	0

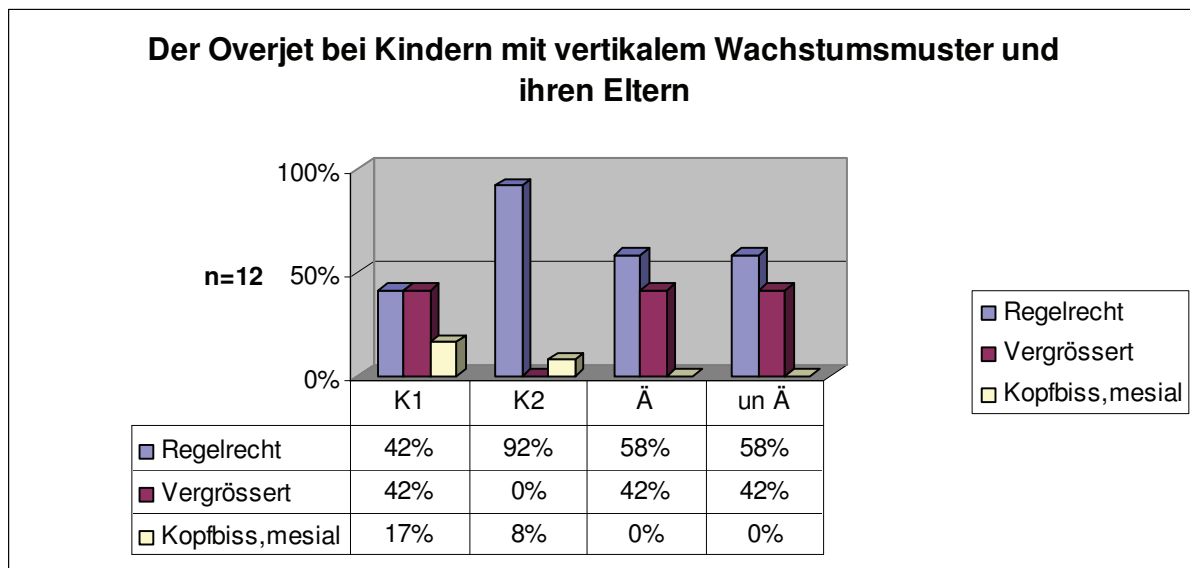


Abb. 39: Der Overjet bei den Kindern mit vertikalen Wachstumsmuster und ihren Eltern (in Prozent)

### 3.3.7. Vertikale Okklusionsbeziehungen – Overbite (Abb. 40, 41, 42, Tab. 18, 19, 20)

Die Kinder wiesen zum Zeitpunkt K1 20mal einen tiefen und 6mal einen offenen Biss aus. Bei den Eltern waren regelrechte Überbisse (n=46) zumindest häufiger als solche mit tiefem Overbite (n=27). Das betraf 10 ähnliche und 13 unähnliche Elternteile, beim offenem Biss (n=5) 3 ähnliche und 2 unähnliche Elternteile. Es gibt keinen Zusammenhang zwischen K1 und den Elternteilen, signifiziert (Tab.18). Bei den Kindern zum Zeitpunkt K2 zeigt sich eine therapiebedingte Abnahme der tiefen Bisse.

3 der 6 Kinder mit offenem Biss vor Therapie (K1) hatten diesen auch nach der Therapie (K2). 2 der Kinder mit regelrechtem Überbiss vor Therapie (K1) hatten nach Therapie (K2) einen offenen Biss. Sogar 1 Kind mit tiefem Überbiss hatte nach der Therapie (K2) einen offenen Biss.

Der Anteil der Kinder mit tiefen Bissen war erwartungsgemäss in der Gruppe Wachstumsmustergruppe „horizontal“ höher (Tab.19). Die offenen Bisse verteilen sich zu gleichen Teilen auf die beiden Wachstumsmuster.

Tabelle 18: Der Overbite bei den untersuchten Probanden (p= 0,007)

	K1	K2	Ä	un Ä
Regelrecht	11	25	24	22
Tief	20	6	10	13
Offen	6	6	3	2



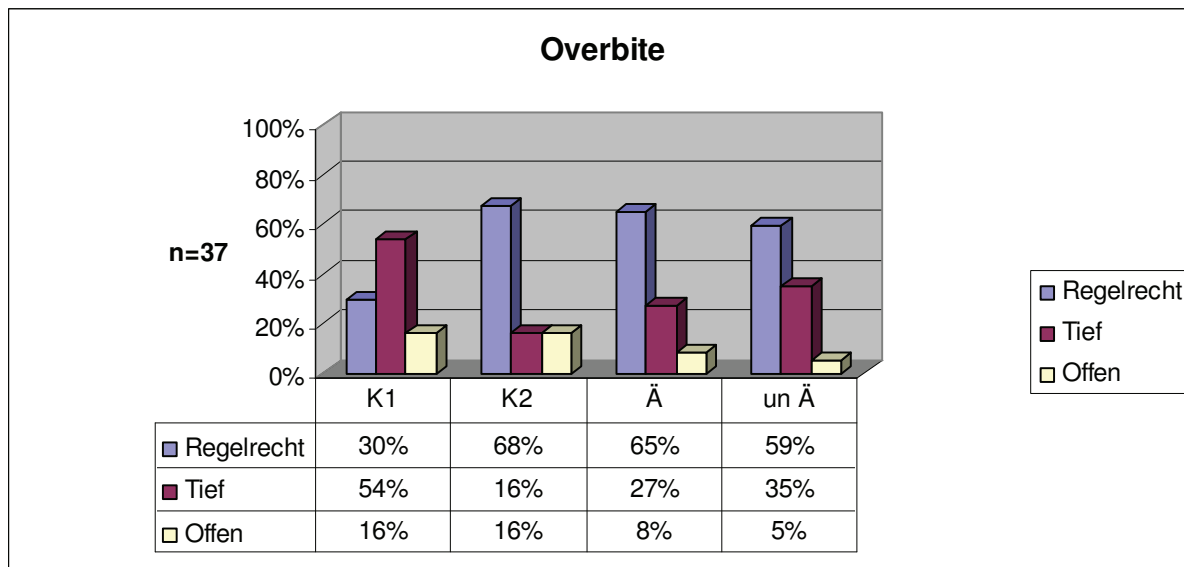


Abb. 40: Der Overbite bei den untersuchten Probanden (in Prozent)

Tabelle 19: Der Overbite bei Kindern mit horizontalem Wachstumsmuster und ihren Eltern ( $p=0,022$ )

	K1	K2	Ä	un Ä
Regelrecht	7	18	17	15
Tief	14	3	6	7
Offen	4	4	2	3

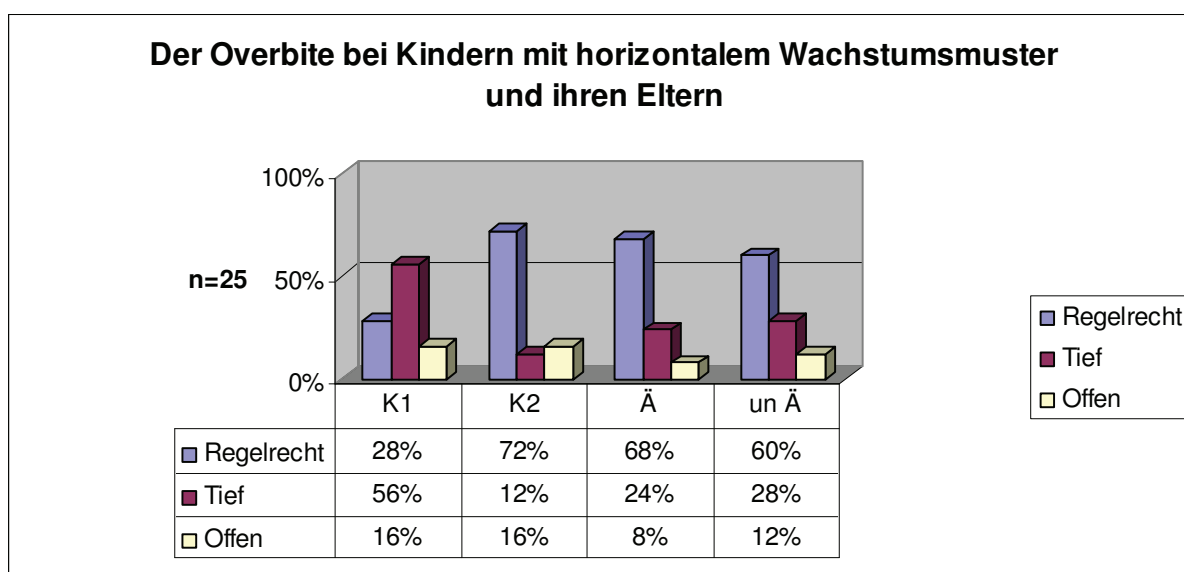


Abb. 41: Der Overbite bei Kindern mit horizontalem Wachstumsmuster und ihren Eltern (in Prozent)

Auch nach der Therapie (K2) unterscheidet sich der Overbite der Kinder nur geringfügig in Abhängigkeit vom Wachstumsmuster.

Tabelle 20: Der Overbite bei den Kinder mit vertikalen Wachstumsmuster und ihren Eltern ( $p > 0,05$ )

	K1	K2	Ä	un Ä
Regelrecht	4	7	7	7
Tief	6	3	5	5
Offen	2	2	0	0

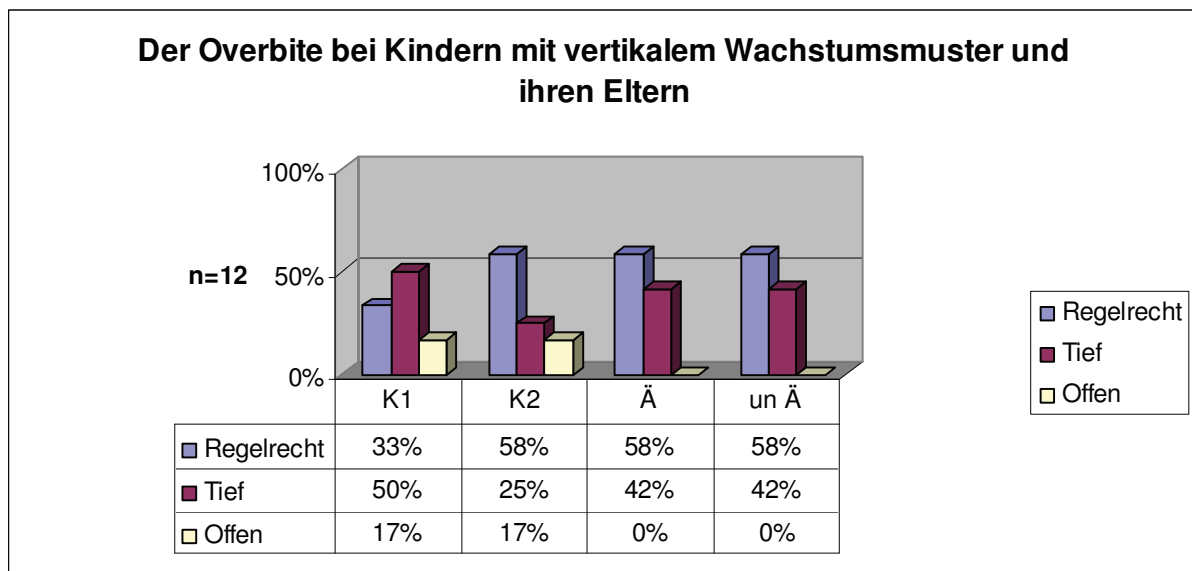


Abb. 42: Der Overbite bei Kindern mit vertikalem Wachstumsmuster und ihren Eltern (in Prozent)

#### 4. Vergleich der Ergebnisse der Weichteilanalyse mit denen der sagittalen und vertikalen Okklusionsbeziehungen

##### 4.1. Die vergrößerte sagittale Frontzahnstufe (Abb. 43, Tab. 21)

Bei den 17 Kindern mit Angle Klasse II und gleichzeitig vergrößerter sagittaler Frontzahnstufe dominierte die tiefe und interdentale Zungenlage ( $n=16$ ), während sie nur bei einem Drittel der Eltern vorlag. Zum Zeitpunkt K2 wiesen noch 5 (29 %) Kinder fehlerhafte Zungenruhelagen auf. Bei 11 (64,7 %) war es nach der Therapie zu einer funktionellen Harmonsierung gekommen.

Tabelle 21: Zungenlage bei den K1 mit vergrößerten Overjet (p= 0,001)

Zungenlage		K1	K2	Ä	un Ä
	Regelrecht	1	12	11	10
	Tief	14	4	6	5
	Interdental	2	1	0	0
	unerkenntbar	0	0	0	2

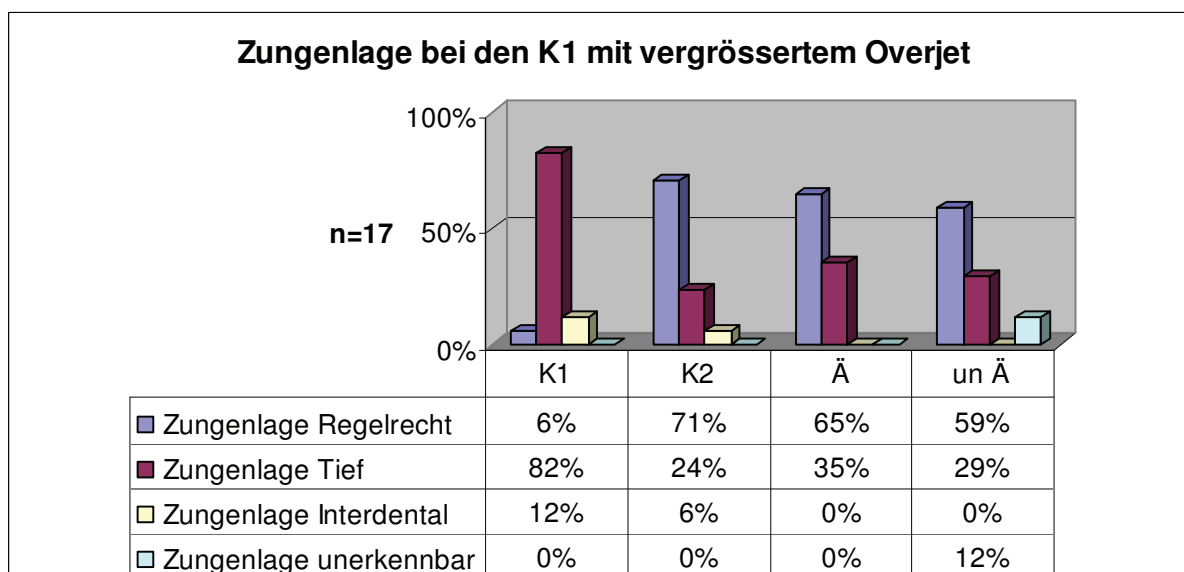


Abb. 43: Zungenlage bei den K1 mit vergrößerten Overjet (in Prozent)

Ursächlich für die Beeinträchtigung der Ruheweichteilbeziehungen muß möglicherweise auch die Einengung der Pharynxweite angenommen werden. Immerhin lagen auffällige Befunde bei 7 (41 %) Kindern vor. Bei K2 hat sich dieser Wert halbiert. Ein Teil der Kinder (jedes 5. in der Untersuchungsgruppe) nimmt dieses Phänomen in die Phase des puberalen Wachstums also nach Abschluss der kieferorthopädischen Behandlung mit.

Tabelle 22: Pharynxweite bei den Kindern (K1) mit vergrößerten Overjet sowie deren Eltern (p= 0,048)

Pharynxweite		K1	K2	Ä	unÄ
	Regelrecht	10	14	16	15
	Eingeengt	7	3	1	2

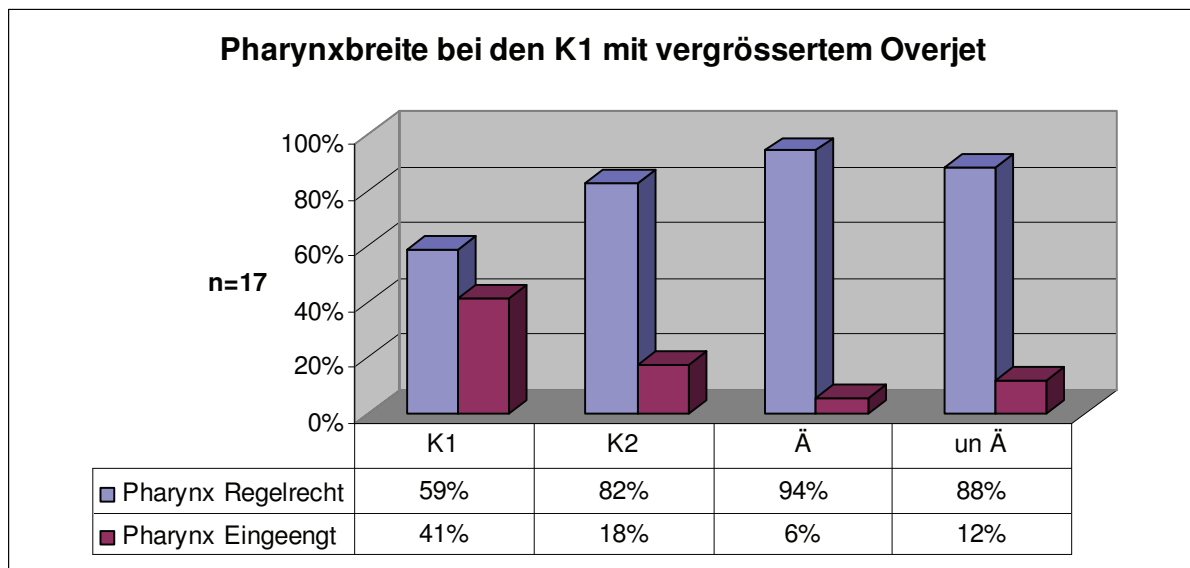


Abb. 44: Pharynxweite bei den Kindern (K1) mit vergrösserten Overjet  
(in Prozent) sowie deren Eltern

## 5. Familienbeispiele

### Familie 1: (Abb. 45, Tab. 23, 24 )

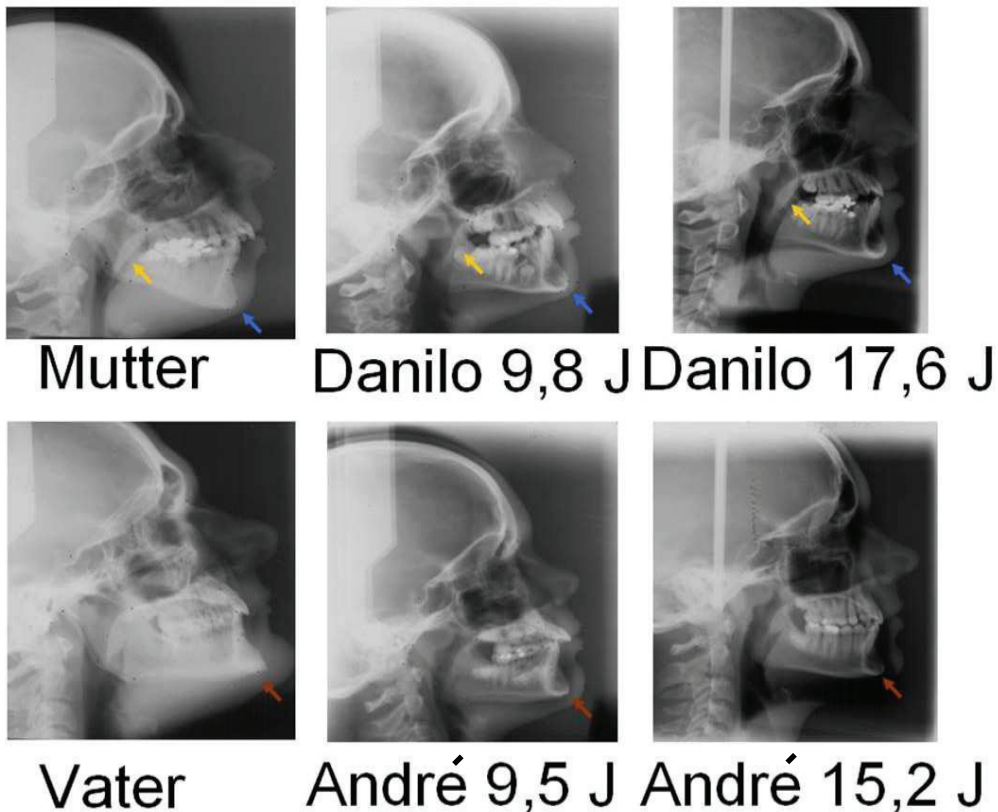


Abb. 45: Familie 1, Eltern mit zwei Söhnen zum Zeitpunkt K1 und K2

#### **Mutter:**

Vertikal: Vertikales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenruhelage, tiefer Mundboden

#### **Vater:**

Vertikal: Horizontales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Regelrechte Zungenlage, regerechter Mundboden

#### **Danilo:**

K1 9,8 Jahre

Symphysenvergleich: Ähnlichkeit mit der Mutter

Vertikal: Vertikales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

K2 17,6 Jahre, nach kieferorthopädischer Therapie:

Vertikal: Vertikales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Kaudale und interdentale Zungenlage, tiefer Mundboden

Tabelle 23: Familie 1, Metrische Analyse Mutter und Sohn Danilo zum Zeitpunkt K1 und K2

<b>Familie 1</b>	<b>ML-NSL°</b>	<b>N-Go-Me°</b>	<b>FHR in %</b>
<b>Mutter</b>	54,2°	87°	48,2 %
<b>Danilo 1</b>	36°	71,6°	61,2 %
<b>Danilo 2</b>	34,9°	71,7°	63,9 %

**André:**

K1 9,5 Jahre

Symphysenvergleich: Ähnlichkeit mit Vater

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Regelrechte Zungenlage, regelrechter Mundboden

K2 15,2 Jahre nach kieferorthopädischer Therapie:

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: regelrechte Zungenlage, regelrechter Mundboden

Tabelle 24: Familie 1, Metrische Analyse Vater und Sohn André zum Zeitpunkt K1 und K2

<b>Familie 1</b>	<b>ML-NSL°</b>	<b>N-Go-Me°</b>	<b>FHR in %</b>
Vater	24,6°	65,7°	70,6 %
Andre 1	30,1°	64,2°	65,6 %
Andre 2	27,8°	64°	69,6 %

### **Wertung der Ähnlichkeitsbestimmung und des Einflusses der funktionellen Therapie**

In Familie 1 ist das Kind Danilo anhand des Symphysenvergleichs mit seiner Mutter ähnlich. Der vertikale Gesichtsschädelaufbau ist im Alter von 9,8 Jahren weit weniger extrem als der der Mutter (Tab. 23). Die distale Bisslage des Kindes entspricht der der Mutter, ebenso die tiefe Zungenlage. In der Nachuntersuchung war die distale Bisslage beseitigt. Allerdings stellt die tiefe und interdental Zungenlage offensichtlich einen störenden Faktor für die Erreichung eines perfekten Behandlungsergebnisses dar. Die frühe therapeutische Intervention hat offensichtlich aber durch die Korrektur der Abstützung der Schneidezähne eine anteriore Rotation der Symphyse verhindert. Eine Verstärkung der vertikal-posterioren Rotation konnte ebenfalls verhindert werden.

Das zweite Kind André weist nach dem Symphysenvergleich deutliche Ähnlichkeit mit seinem Vater aus. Der horizontale Gesichtsschädelaufbau des Vaters widerspiegelt sich in den Werten der metrischen Kephalometrie des Kindes (Tab. 24). Die distale Bisslage entspricht wie beim Bruder der der Mutter. Das heißt, dass die sagittalen Lagebeziehungen der Zahnreihen unabhängig sind von der Prognose des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus. Vater und Sohn weisen eine regelrechte Zungenlage auf. Nach der erfolgreichen Therapie hat sich das horizontale Rotationsmuster verstärkt (Tab. 23).

Trotzdem ist es mit der Bisslagekorrektur zu keiner Verstärkung der anterioren Rotation der Symphyse gekommen. Dies ist dem therapeutischen Einfluss auf das Wachstum durch die schnelle apparative Korrektur der pathologischen Frontzahnrelation zuzuschreiben. Der harmonisierende Effekt auf das Wachstum ist bei beiden Kindern erkennbar.

**Familie 2: (Abb. 46, Tab. 25, 26 )**

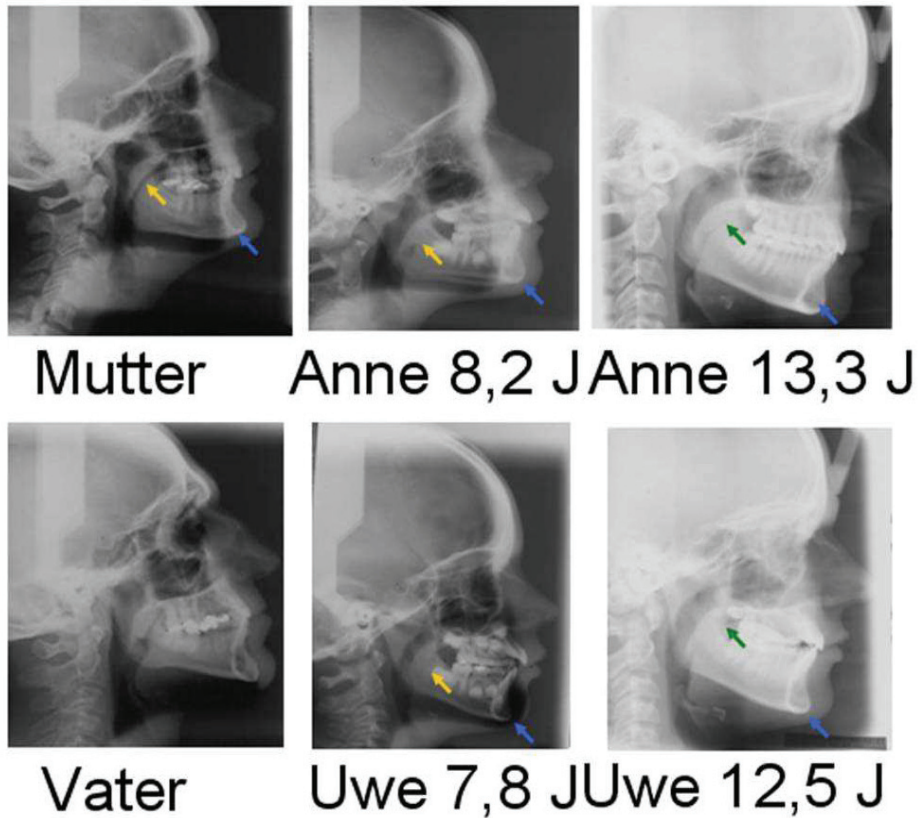


Abb. 46: Familie 2, Eltern mit Tochter und Sohn zum Zeitpunkt K1 und K2

**Mutter:**

Vertikal: Horizontales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungelage, tiefer Mundboden

**Vater:**

Vertikal: Horizontales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Regelrechte Zungenruhelage

**Anne:**

K1 8,2 Jahre :

Symphysenvergleich: Ähnlichkeit mit der Mutter

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Regelrecht

K2 13,3 Jahre nach kieferorthopädischer Therapie

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster



Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Regelrechte Zungenruhelage

Tabelle 25: Familie 2, Metrische Analyse Mutter und Tochter Anne zum Zeitpunkt K1 und K2

<b>Familie 2</b>	<b>ML-NSL°</b>	<b>NGoMe°</b>	<b>FHR in %</b>
<b>Mutter</b>	25,8°	67,6°	74,2 %
<b>Anne 1</b>	29,5°	68,2°	67,6 %
<b>Anne 2</b>	23,6°	63,7°	73,2 %

**Uwe:**

K1 7,8 Jahre

Symphysenvergleich: Ähnlichkeit mit der Mutter

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

K2 12,5 Jahre nach kieferorthopädischer Therapie

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Regelrechte Zungenruhelage

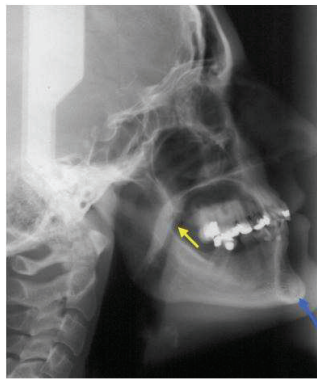
Tabelle 26: Familie 2, Metrische Analyse Mutter und Sohn Uwe zum Zeitpunkt K1 und K2

<b>Familie 2</b>	<b>ML-NSL°</b>	<b>NGoMe°</b>	<b>FHR in %</b>
<b>Mutter</b>	25,8°	67,6°	74,2%
<b>Uwe 1</b>	37,5°	73,5°	60,6%
<b>Uwe 2</b>	30,1°	73,5°	68,7%

## **Wertung der Ähnlichkeitsbestimmung und des Einflusses der funktionellen Therapie**

Nach dem Symphysenvergleich besteht Ähnlichkeit beider Kinder zu ihrer Mutter. Bei Anne war das horizontale Wachstumsmuster bereits im Kindesalter auch metrisch erkennbar (Tabelle 25). Uwe zeigt erst in der Nachuntersuchung das ausgeprägte horizontale Rotationsmuster (Tabelle 26). Die distale Lage der Kinder entspricht der der Mutter. Nach der funktionskieferorthopädischen Therapie war sie komplett beseitigt. Das betrifft auch die erfolgreiche Korrektur der tiefen Zungenlage. Bei Anne und Uwe hat die frühe Bisslagekorrektur eine zunehmende anteriore Neigung der Symphyse verhindert.

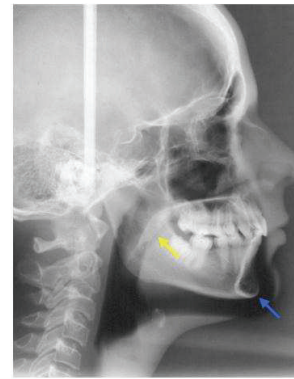
**Familie 3: (Abb. 47, Tab. 27, 28 )**



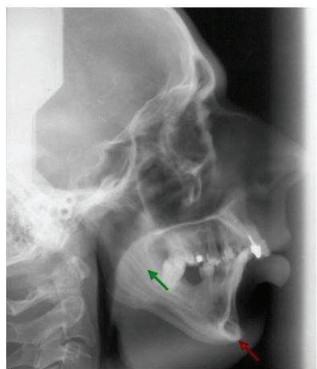
**Mutter**



**Hendrick 9,1 J**



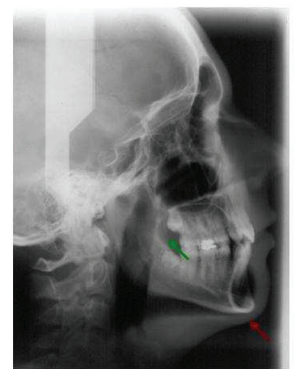
**Hendrick 15,3 J**



**Vater**



**Lars 10,7 J**



**Lars 15,2 J**

Abb. 47: Familie 3 Eltern mit den Söhnen Hendrick und Lars zum Zeitpunkt K1 und K2

**Mutter:**

Vertikal: Horizontales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: geringfügig kaudale Zungenlage

**Vater:**

Vertikal: Vertikales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: kaudale Zungelage, tiefer Mundboden

**Hendrick:**

K1 9,1 Jahre

Symphysenvergleich: Ähnlichkeit mit der Mutter

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage

K2 15,3 Jahre nach kieferorthopädischer Therapie

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage

Tabelle 27: Familie 3, Metrische Analyse Mutter und Sohn Hendrick zum Zeitpunkt K1 und K2

Familie 3	ML-NSL°	N-Go-Me°	FHR in %
Mutter	27,2°	70,6°	71,8 %
Hendrik 1	29,9°	68,2°	67,3 %
Hendrik 2	23,9°	65,4°	73,9 %

#### Überlagerung auf ML in der Symphyse:

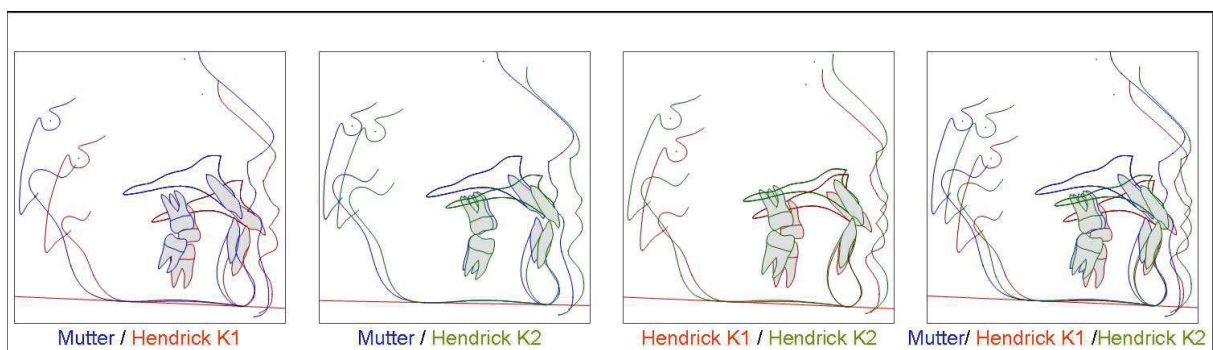


Abb. 48: Überlagerung auf ML in der Symphyse von Hendrick und der Mutter

bei der Überlagerung auf der Unterkiefer Linie ML, ist festzustellen wie stark die Ähnlichkeit mit dem ähnlichen Elternteil nach Abschluss des Wachstums wird. In dem Überlagerungsbild Mutter/Hendrick K1/Hendrick K2 (rechts), ist die Ähnlichkeit deutlicher zwischen Hendrick K2 und Mutter als Hendrick K1 und Mutter sowie zwischen Hendrick K1 und K2, was offensichtlich der therapeutischen Veränderung zuzuschreiben ist.

**Lars:**

K1 10,7 Jahre

Symphysenvergleich: Ähnlichkeit mit dem Vater

Vertikal: Vertikales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

K2 15,2 Jahre nach kieferorthopädischer Therapie

Vertikal: Vertikales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Regelrechte Zungenlage

Tabelle 28: Familie 3, Metrische Analyse für Vater und Sohn Lars zum Zeitpunkt K1 und K2

<b>Familie 3</b>	<b>ML-NSL°</b>	<b>NGoMe°</b>	<b>FHR in %</b>
<b>Vater</b>	51,3°	88,5°	56 %
<b>Lars 1</b>	41°	77,3°	59,7 %
<b>Lars 2</b>	38,2°	75,4°	62 %

### Wertung der Ähnlichkeitsbestimmung und des Einflusses der funktionellen Therapie

Bei Familie 3 ist der Sohn Hendrick nach dem Symphysenvergleich mit seiner Mutter ähnlich. Sein horizontales Wachstumsmuster ist bereits vor Therapiebeginn deutlich ausgeprägt (Tab. 27). Die distale Bisslage beider Kinder liegt nur beim Vater vor.

Sie wurde durch die Therapie erfolgreich korrigiert. Mutter und Sohn Hendrick fallen durch ihre tiefe Zungenlage auf. Sie ist auch nach der Therapie bei dem Sohn nicht beseitigt. Bei Henrik ist es durch die Therapie zu keiner weiteren Verstärkung der Symphysenneigung nach

anterior gekommen, vielmehr ist eine Aufrichtung zum Zeitpunkt K2 feststellbar.

Der zweite Sohn, Lars, entspricht im vertikalen Gesichtsaufbau dem Vater. Vater und Sohn haben ein vertikales Wachstumsmuster (Tab. 28) und eine distale Bisslage. Die tiefe Zungenlage des Kindes wurde durch die Therapie beseitigt. Bei Lars ist es durch die Abschwächung der vertikalen posterioren Rotation zu einer neutralen Symphysenneigung gekommen.

#### Überlagerung auf ML in der Symphyse:

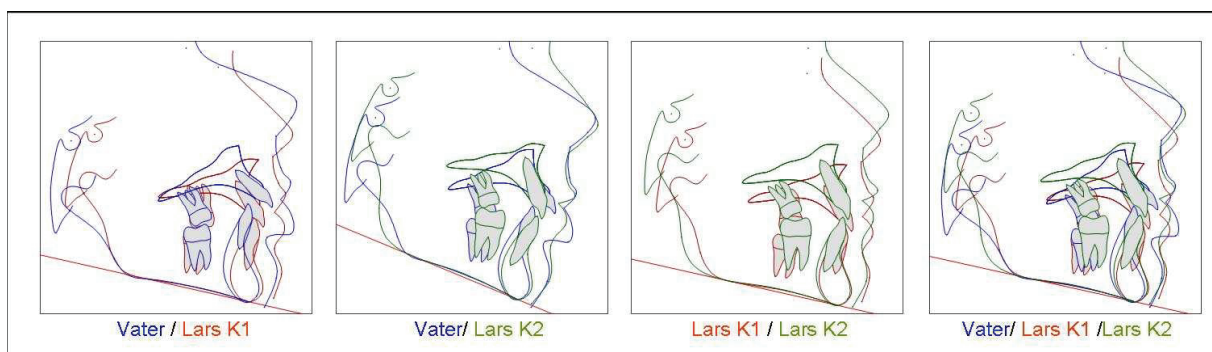
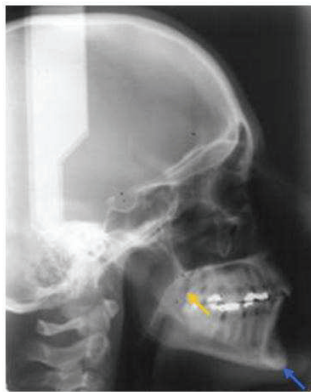


Abb. 49: Überlagerung auf ML in der Symphyse von Lars und dem Vater

Bei der Überlagerung auf ML, ist die Abschwächung der vertikalen Wachstumsmuster deutlich sichtbar. In der Überlagerung Vater/Lars K1/Lars K2 ist die Neutralisierung der Symphysenneigung und die Rotation des Oberkiefers zwischen Lars K2 und dem Vater gut erkennbar.

**Familie 4: (Abb. 50, Tab. 29, 30 )**



**Mutter**



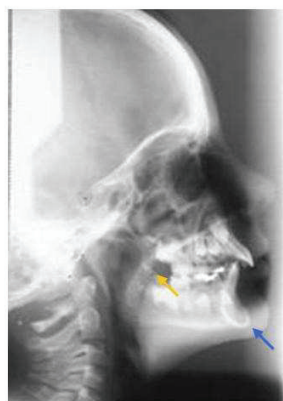
**Susanne 8,8 J**



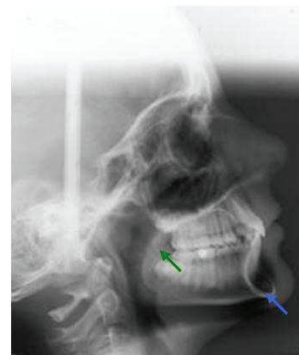
**Susanne 14,9 J**



**Vater**



**Sven 8,5 J**



**Sven 12,6 J**

Abb. 50: Familie 4, Eltern mit Tochter und Sohn zum Zeitpunkt K1 und K2

**Mutter:**

Vertikal: Horizontales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

**Vater:**

Vertikal: Vertikales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Regelrecht

**Susanne:**

K 8,8 Jahre

Symphysenvergleich: Ähnlichkeit mit der Mutter

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

K2 14,9 Jahre nach kieferorthopädische Therapie

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

Tabelle 29: Familie 4, Metrische Analyse Mutter und Tochter Susanne zum Zeitpunkt K1 und K2

<b>Familie 4</b>	<b>ML-NSL°</b>	<b>NGoMe°</b>	<b>FHR in %</b>
<b>Mutter</b>	30,1°	72°	67 %
<b>Susanne 1</b>	35,9°	71,5°	60,6 %
<b>Susanne 2</b>	29,4°	68,6°	66,4 %

**Sven:**

K1 8,5 Jahre

Symphysenvergleich: Ähnlichkeit mit der Mutter

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

K2 12,6 Jahre nach kieferorthopädischer Therapie

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Regelrecht

Tabelle 30: Familie 4, Metrische Analyse Mutter und Sohn Sven zum Zeitpunkt K1 und K2

<b>Familie 4</b>	<b>ML-NSL°</b>	<b>NGoMe°</b>	<b>FHR in %</b>
<b>Mutter</b>	30,1°	72°	67 %
<b>Sven 1</b>	29,1°	66,8°	66,1 %
<b>Sven 2</b>	28,6°	64,3°	65,9 %



## Wertung der Ähnlichkeitsbestimmung und des Einflusses der funktionellen Therapie

Beide Kinder sind nach dem Symphysenvergleich mit der Mutter ähnlich. Das horizontale Wachstumsmuster (Tab. 29, 30), die Klasse II beider Kinder entsprechen den Voraussetzungen der Mutter, ebenso die tiefe Zungenlage beider Kinder. Bei Sohn Sven ist nach der funktionskieferorthopädischen Therapie das funktionelle Problem beseitigt. Die deutlich anterior geneigte Symphyse bei beiden Kindern zum Zeitpunkt K1 hat durch die frühe Korrektur der Schneidezahnrelation keine weitere Zunahme erfahren.

### Familie 5: (Abb.51, Tab.31)

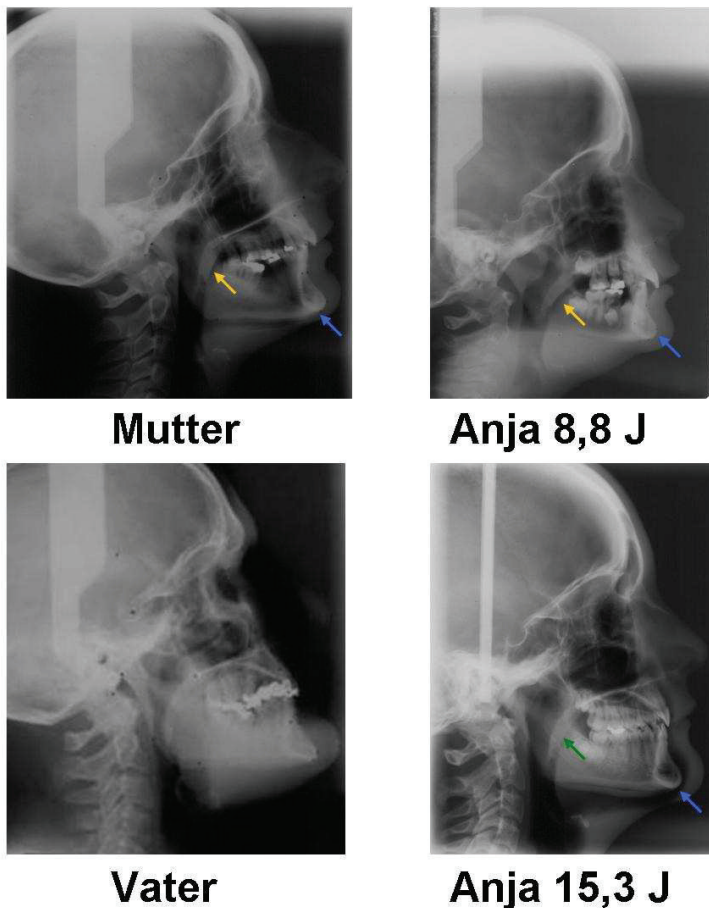


Abb. 51: Familie 5, Eltern mit Tochter Anja zum Zeitpunkt K1 und K2

#### Mutter:

Vertikal: Horizontales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

**Vater:**

Vertikal: Horizontales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Regelrecht

**Anja**

K1 8,8 Jahre

Symphysenvergleich: Ähnlichkeit mit der Mutter

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

K2 15,3 Jahre nach kieferorthopädischer Therapie

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Regelrecht

Tabelle 31: Familie 5, Metrische Analyse Mutter und Tochter Anja zum Zeitpunkt K1 und K2

<b>Familie 5</b>	<b>ML-NSL°</b>	<b>NGoMe°</b>	<b>FHR in %</b>
<b>Mutter</b>	29,5°	67,9°	70,1 %
<b>Anja 1</b>	28,3°	67,3°	68,5 %
<b>Anja 2</b>	25,3°	66,8°	72,5 %

**Wertung der Ähnlichkeitsbestimmung und des Einflusses der funktionellen Therapie**

Anja ist nach dem Symphysenvergleich mit der Mutter ähnlich, die ein horizontales Wachstumsmuster aufweist (Tab. 31). Die Klasse II und die tiefe Zungenlage hat Anja ebenfalls mit ihrer Mutter gemeinsam. Durch die Therapie ist es zur Einstellung in die neutrale Bisslage und zur Beseitigung der tiefen Zungenlage gekommen. Wieder hat die

bereits zum Zeitpunkt K1 bestehende auffällige anteriore Neigung der Symphyse zum Zeitpunkt K2 keine weitere Verstärkung erfahren. Vielmehr ist es sogar zu einer Aufrichtung der Symmetrie gekommen. Das ist nur durch die Beeinflussung des Wachstums durch die frühe Korrektur der Schneidezahnrelation möglich geworden.

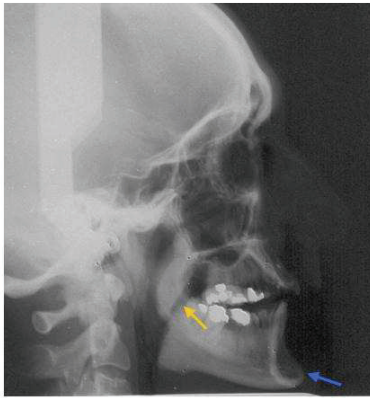
**Familie 6: (Abb.52, Tab.32)**



**Mutter**



**Marco 8,8 J**



**Vater**



**Marco 12,4 J**

Abb. 52: Familie 6, Eltern mit Sohn zum Zeitpunkt K1 und K2

**Mutter:**

Vertikal: Horizontales Rotationsmuster

Sagittal: Angle Klasse I

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

**Vater:**

Vertikal: Horizontales Rotationsmuster

Sagittal: Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

**Marco:**

K1 8,8 Jahre

Symphysenvergleich: Ähnlichkeit mit dem Vater

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Angle Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

K2 12,4 Jahre nach kieferorthopädischer Therapie

Vertikal: Horizontales Wachstumsmuster

Sagittal: Klasse II

Weichteilbeziehungen: Kaudale Zungenlage, tiefer Mundboden

Tabelle 32: Familie 6, Metrische Analyse für Vater und Sohn Marco zum Zeitpunkt K1 und K2

<b>Familie 6</b>	<b>ML-NSL°</b>	<b>NGoMe°</b>	<b>FHR in %</b>
<b>Vater</b>	30,1°	72,8°	79,3 %
<b>Marco 1</b>	31,2°	68,3°	66,5 %
<b>Marco 1</b>	30,5°	69,4°	67 %

### Wertung der Ähnlichkeitsbestimmung und des Einflusses der funktionellen Therapie

Trotz des offenen Bisses liegt beim Vater ein horizontales Rotationsmuster vor. Sohn Marco ist nach dem Symphysenvergleich mit seinem Vater ähnlich (Tab. 32). Vater und Sohn weisen außerdem gemeinsam eine Klasse II und eine tiefe Zungenruhelage auf. Letztere ist offensichtlich verantwortlich für Schwierigkeiten der kieferorthopädischen Therapie. Die Distallage ist nur inkomplett beseitigt, die kaudale bzw. auch interdentale Zungenruhelage besteht auch nach der Therapie. Anlagebedingte Ursachen sind für die bei Vater und Sohn vorliegenden Störungen des Ruheweichteilandrucks nicht auszuschließen.

## 6. Diskussion der Ergebnisse

Aufgabe der vorliegenden Familienuntersuchung war es, eine Wachstumsprognose von Kindern vor kieferorthopädischer Therapie im Zusammenhang mit dem vertikalen Gesichtsaufbau der Eltern zu erstellen. Nach fünf Jahren am Ende der Gebissentwicklung galt es, die Wachstumsprognose zu überprüfen. Heydenreich(1994) hatte in seiner Arbeit eine Wachstumsprognose vor kieferorthopädischer Therapie empfohlen. In der eigenen Studie ging es darum, an einem Teil der Heydenreichschen Studie (1994) dessen Prognosemethoden auf ihren Wert am Ende der Gebissentwicklung und weit fortgeschrittenem Wachstum zu überprüfen. Gleichzeitig sollte der Zusammenhang von vertikalem Gesichtschädelaufbau mit sagittalen Parametern der Bisslage, die Abhängigkeit von Ruheweichteilbeziehungen als funktionellen Parametern und der Einfluss des Therapieergebnisses selbst nach Bisslagekorrektur kontrolliert werden.

Die Anzahl von 37 untersuchten Kindern sowie deren 31 Vätern und Müttern gestattete nach Durlak (1977), der bei Stichproben von 30 Probanden eine Normverteilung annimmt, hinreichend sichere Aussagen bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse. Trotz der großen Zahl durchgeführter Familienuntersuchungen gestaltet sich ein Ergebnisvergleich schwierig, da bei vielen Publikationen auf eine detaillierte Darstellung von Alter, Nachkontrollen, Angabe von Streuung und Standardabweichung metrischer Daten oder auf die Angabe einer anomaliespezifischen Selektion der Probanden verzichtet wurde.

Die meisten Vergleiche zwischen Eltern und Kindern wurden mit Hilfe von Überlagerungen der Fernröntgendurchzeichnungen durchgeführt (Wylie 1944, Kraus et al. 1959, Brody und Neumann zit. bei Kraus et al. 1959). Nur sehr selten wurde ein Vergleich spezifischer Strukturen, wie die der Symphysenform vorgenommen (Burdach Berger 1976, Durlak 1977), die durch Korrelationsstudien fernröntgenologischer Daten (Harris et al. 1975, Burdach Berger 1976, Saunders et al. 1980, Gimpel 1982) statistisch nachweisbare Zusammenhänge ermöglichen.

Gimpel (1982) ermittelte mit hinreichender Verlässlichkeit, "daß die im Alter von 8 - 10 Jahren gefundenen Gesichtsrelationen auf den Zustand nach Ablauf des pubertären Wachstums schließen lassen", so daß das Gesichtswachstum in der Regel weiterhin dem vor der Pubertät vorliegenden Muster folgt. Dies ist nicht verwunderlich, denn zu diesem Zeitpunkt haben die meisten skelettalen Meßgrößen bereits 80 - 90 % ihrer Erwachsenengröße erreicht (Gimpel 1982). Auch wenn nicht alle Kinder den metrisch ermittelten Wert der Rotation exakt beibehalten, kommt es selten zu einer nennenswerten

Veränderung des Wachstumsmusters (Klink-Heckmann 1979, Bischoff 1980).

Trotzdem muß daran erinnert werden, daß die Entwicklung nicht nur durch das genetisch bedingte Wachstumsmuster allein bestimmt wird. Vielfältige Faktoren, wie die Funktion der Gesichts- und Kaumuskulatur oder der Zunge sowie der Einfluß des fehlenden Lip-penschlusses oder die Höhe des Wachstumshormonspiegels, die jeder prognostischen Regel widersprechen können, üben einen entscheidenden Einfluß auf Ausmaß und Richtung des Gesichtsschädelwachstums aus (Hetzel 1973, Droschel 1974, Graf 1979, Petrovic und Stutzmann 1979, Klink-Heckmann und Bredy 1980, Grabowski 1983, Fränkel 1984).

Gimpel (1982) fordert für solche Fälle das Anfertigen von regelmäßigen Kontrollröntgenaufnahmen. Bei der kieferorthopädischen Behandlung geht es meist um das diagnostische Erkennen und die therapeutische Abschwächung extremer Rotationsmuster für eine angemessene reale Prognose des Therapiezieles.

Im ersten Teil der Untersuchung wurde eine Ähnlichkeitsbestimmung durch den Vergleich der Symphysenform von Kindern und ihren Eltern durchgeführt. Der so definierte ähnliche Elternteil gibt einen Anhalt für die genetische Determination des Wachstumsmusters. Heydenreich (1994) sowie Durlak (1977) versuchten in Familienstudien aus der Symphysenform und an deren strukturellen Merkmalen sowie der metrischen Analyse das künftige Wachstumsmuster der Kinder zu prognostizieren. Heydenreich (1994) vermutete, dass den Strukturmerkmalen ein erhöhter Stellenwert für die Prognose der Wachstumsrichtung zukommt. Den Nachweis mußte er schuldig bleiben, da er die Kinder lediglich im frühen Wechselgebissalter untersucht hatte. Die eigenen Ergebnisse bestätigen die Relevanz der vorgestellten Methode, die von Heydenreich (1994) empfohlen wurde.

Die Ergebnisse bestätigen ebenso die von Björk (1969) ermittelte und von Wenzel (1976) bzw. Jenatschke (1977) bestätigte Korrelation, dass eine kräftige, tropfenförmige Symphysenform mit der horizontalen Wachstumsrichtung, und eine schmale, zarte Symphyse mit der vertikalen Wachstumsrichtung gekoppelt ist. Den Aussagen von Lieb (1964), nach denen die beschriebenen knöchernen Kennzeichen von Björk entgegengesetzt zu beurteilen sind, muss deshalb widersprochen werden.

Die Beurteilung anderer Strukturmerkmale der Unterkiefermorphologie im Vergleich von Eltern und Kind ergänzt den Symphysenvergleich zur Ähnlichkeitsbestimmung und zur Prognose der Rotationsrichtung. Die von Altuna (1971), Hasund (1974), Burdach Berger (1976), Wenzel (1976), Jenatschke (1977), Durlak (1977) und Hasse (1978) beschriebenen Schwierigkeiten beim Auffinden und Beurteilen dieser Strukturen können bestätigt werden. Aus diesem Grund wurden in Anlehnung an Watnik (1972), Jenatschke (1977) und Bischoff

(1980) nur fünf relativ gut zu beurteilende Strukturen in die Untersuchung einbezogen. Die Strukturmerkmale wurden in Anlehnung an Hasund (1974) mit einem Punktesystem erfaßt, um daraus eine quantitative Bewertung für jeden Probanden zu ermöglichen.

Burdach Berger (1976) konnte im Vergleich der Ergebnisse aus der strukturellen Analyse mit der tatsächlich eingetroffenen Rotation nur 55,5 % zutreffende Prognosen stellen, während Bischoff (1980) einen Korrelationskoeffizient von  $r = 0,73$  für die Merkmalskombination nach Björk (1969) zwischen der Anfangs- und der Kontrollfernrontgenaufnahme ermittelte.

Die Ergebnisse der vorliegenden strukturellen Analyse bestätigen die Ergebnisse von Lande (1952), Sergl (1973), Hasund (1974), Borchers (1975).

Die strukturelle Analyse erwies sich ohne Zweifel als eine nützliche Methode bei der Beurteilung des weiteren Verlaufs der Unterkieferrotation in den Fällen, bei denen eine eindeutige Ausprägung der zu beurteilenden Strukturen des Unterkiefers gegeben war.

Die Schwierigkeit des Erkennens einiger Strukturen des Unterkiefers führt zwangsläufig zu einer subjektiven Beurteilung bzw. Bewertung der Strukturen und vermindert so die Sicherheit der Prognose.

Die Symphyse und der Unterkiefferrand erwiesen sich in der eigenen Studie als die Merkmale, die am besten geeignet waren, um die Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit mit den Eltern zu ermitteln. Das Merkmal Ausprägung der Incisura masseterica folgt danach. Die Form der Kondylen und der Verlauf des Canalis mandibularis erwiesen sich in vielen Fällen als schwierig aussagekräftige Strukturmerkmale, da sie nicht auf allen FRS-Aufnahmen gut erkennbar waren.

Im Rahmen einer metrischen Analyse wurden acht Variable, die die Unterkieferrotation charakterisieren, herangezogen. Die Zuordnung zu einem definierten Wachstumsmuster wurde deshalb nicht aufgrund einzelner Meßwerte vorgenommen, sondern, wie von Björk (1969), Hasund (1974), Ricketts (1977), Gimpel (1982) u. a. vorgeschlagen, aus einer Kombination mehrerer Meßwerte ermittelt.

Für die statistische Kontrolle, welche Variablen für eine Rotationsprognose besonders geeignet sind, wurden Korrelationsberechnungen durchgeführt. Es stellte sich ein besonders enger Zusammenhang zwischen der Neigung des Unterkiefers zur Schädelbasis (ML-NSL-), des Grundebenenwinkels zwischen Ober- und Unterkiefer (ML-NL-), des unteren Kieferwinkels (NGoMe°) sowie des Gesichtshöhenverhältnisses (FHR %) heraus.

Die Ergebnisse stehen im Widerspruch zu denen von Dudas und Sassouni (1973), die gerade diesen Variablen eine starke Umweltlabilität bescheinigen.

Dagegen ist der ML-NSL-Winkel für Hausser (1976), Reck und Miethke (1991) sowie für



Gimpel (1982) zur Verbesserung der Vorhersage anderer Meßwerte besonders geeignet, "trotz aller Einwände, die gegen ihn, wegen der teils erheblichen Remodellationen am Unterkieferrand, vorgebracht werden."

Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung können die oben genannten vier Variablen besonders für die klinische Beurteilung bzw. Vorhersage des künftigen Wachstumsmusters empfohlen werden.

Die Ergebnisse lassen eine von Hunter (1965) beschriebene Differenzierung in Variable, die die vertikalen Dimensionen und andere, die die sagittalen Dimensionen des Gesichtsschädels besser beschreiben, nicht zu.

Die generell niedrige Höhe der Korrelationskoeffizienten für die vordere Gesichtshöhe (Index) widerspricht den Ergebnissen von Horowitz et al. (1960), Hunter (1965), Nakata et al. (1974) und Hausser (1976), die gerade dieser Variablen einen entscheidenden Prognosewert bescheinigen.

Durch Gruppenvergleiche wurde eine Ähnlichkeit für alle skelettalen Parameter der metrischen Analyse bei den untersuchten Kindern zu ihren ähnlichen Eltern beobachtet.

Für einen erblichen Hintergrund und die Sicherheit der prognostischen Wertung spricht zum einen die Tatsache, daß zwischen den Müttern und Vätern keine signifikanten Korrelationen errechnet werden konnten und zum anderen die Größe der errechneten Korrelationskoeffizienten, die zwischen den Eltern und ihren ähnlichen Kindern im Bereich von  $r = 0,50$  liegen. Das bestätigt die Hypothese einer polygenetischen Vererbung zahlreicher Autoren (Hunter et al. 1970, Nakata et al. 1973, Harris et al. 1973, 1975, Harris und Kowalski 1976, Luder 1977, Schulze 1982).

Während Burdach Berger (1976) dies mit seinen Ergebnissen unterstützt, ermittelten Lande (1952), Maj et al. (1963, 1964), Hixon (1968) sowie Lulla und Gianelli (1976) nur sehr schwache Korrelationskoeffizienten.

In der vorliegenden Untersuchung konnten für die acht untersuchten Variablen unterschiedliche große Korrelationskoeffizienten bei den einzelnen Vergleichsgruppen ermittelt werden. Porado (zit. bei Cilasun (1982), Hunter (1970), Nakata et al. (1973) und Harris et al. (1973, 1975) konnten dagegen eine geschlechtsgebundene Vererbung einiger Bereiche des Kiefergesichtskomplexes feststellen. Die Autoren versuchten, diese Ergebnisse mit dem unterschiedlichen Wirken funktioneller Einflüsse und der daraus resultierenden Adaptation bei beiden Geschlechtern zu erklären. Fraglich erscheint die Erklärung von Stein et al. (1960), die verschiedene Gene für differenzierte Teile des Schädels verantwortlich

machen, denn dann müßten die Winkel, die kleinere Regionen des Schädels charakterisieren, höhere Korrelationen aufweisen als Winkel, die zum Beispiel die Lage des Unterkiefers zum Schädel bestimmen.

Neben den Charakteristika des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus galt es auch den sagittalen Gesichtsschädelaufbau zu definieren. Dafür wurden die Bisslage und der Overjet bestimmt, ergänzend diente der Overbite der Definition der Schneidekantenbeziehungen als vertikaler dentaler Parameter.

Die Ruheweichteilbeziehungen wurden anhand der Zungenlage und der Pharynxbreite als Parameter einer Störung des dreifachen Ventils des Mundschlusses geprüft. Grabowski et al. (2007) und Stahl et al. (2007) haben einen hohen Stellenwert der Störungen der Ruheweichteilbeziehungen für den vertikalen Gesichtsschädelaufbau im Rahmen ihrer Untersuchungen festgestellt.

Eine Überprüfung der sagittalen und vertikalen Okklusionsbeziehungen (Bisslage, Overjet und Overbite) diente der Überprüfung, ob der Therapieeinfluß als exogener Faktor die Prognose des vertikalen Gesichtsschädelwachstums beeinflusst.

Ein spezifischer Zusammenhang zwischen den gestörten Ruheweichteilbeziehungen und der Rotationsrichtung des Unterkiefers konnte nicht festgestellt werden. Zu den selben Ergebnissen hat der Vergleich der sagittalen Okklusionsbeziehungen geführt. Das spricht dafür, dass die Bestimmung der Rotationsmuster nicht von sagittalen Lagebeziehungen abhängig ist (Hetzel 1973, Droschel 1974, Graf 1979, Petrovic und Stutzmann 1979, Klink-Heckmann und Bredy 1980, Grabowski 1983, Fränkel 1984).

Ein deutlicher Zusammenhang ergab sich in dieser Studie zwischen tiefer Zungenruhelage und den sagittalen Anomalien einer Klasse II. Die Effektivität der funktionskieferorthopädischen Behandlungsmethoden, bezüglich der Korrektur der Ruheweichteilbeziehungen (Zungenruhelage, Pharynxweite) und damit auch der Bisslage, ist nachweisbar. Dennoch bleibt die Rotationsrichtung nach der Therapie unverändert. Mit den methodischen Möglichkeiten der metrischen Kephalemetrie sind solche Wachstumsabläufe nicht nachweisbar, die sich nicht in der Veränderung von Messwerten widerspiegeln. Auch fehlende Normwerte für das kindliche Wachstum bei unterschiedlichem vertikalen Gesichtsschädelaufbau und in Abhängigkeit von der Anomalie, z.B. einer skelettalen Klasse II oder skelettalen Klasse III, sind ein limitierender Faktor für die Aussagemöglichkeiten der metrischen Kephalemetrie.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen aus dem Vergleich von 37 Kindern und

ihren Eltern lassen sich zusammenfassen:

1. Der Symphysenvergleich mit den Eltern ist eine geeignete Methode, das Rotationsmuster bei Kindern zu einem frühen Zeitpunkt des Zahnwechsels zu prognostizieren. Die Bestimmung des ähnlichen Elternteils ist nach dem Symphysenvergleich in der Regel problemlos möglich. Die frühe Prognose des Wachstumsmusters des Kindes wird durch den Vergleich mit dem ähnlichen Elternteil stabiler. Es bestätigt sich, dass die strukturelle Analyse die sicherste Prognose ermöglicht. Da die höchste Korrelation dieser Parameter zwischen Kind1 und Kind2 bestand, heißt dies, dass das Fernröntgenbild des Kindes im Wechselgebissalter gute prognostische Aussagen zulässt. Das bedeutet auch, dass mit den Methoden der metrischen Kephalometrie weniger sichere Aussagen über die zukünftige Wachstumsrichtung möglich sind als die mit der strukturellen Analyse es zulassen. Deshalb stellt für Aussagen zu erwartenden Wachstums die Strukturanalyse eine zwingende diagnostische Untersuchung dar. Eine FRS-Aufnahme der Eltern ist dann von besonderem Nutzen, wenn die kindlichen Werte eine eindeutige Zuordnung zum horizontalen und vertikalen Wachstumsmuster nicht zulassen.

2. Im Rahmen der metrischen Kephalometrie sind für die Rotationsprognose die Winkel ML-NSL, ML-NL, der untere Kieferwinkel (N-Go-Me) sowie das Gesichtshöhenverhältnis (FHR) geeignet.

3. Die Ergebnisse der Ähnlichkeitsbestimmungen zwischen Kindern und Eltern beweisen durch die Korrelationsrechnungen eine erbliche Komponente im vertikalen Aufbau des Gesichtsschädels, das ist das Rotationsverhalten der Mandibula.

4. Die Ähnlichkeitsbestimmung und die Wachstumsprognose bezieht sich nur auf den vertikalen Gesichtsschädelaufbau. Es besteht kein Zusammenhang zwischen den sagittalen Parametern des Kindes mit seinem nach dem vertikalen Gesichtsschädelaufbau ähnlichen Elternteil.

5. Funktionelle Parameter wie eine tiefe Zungenruhelage und ein tiefer Mundboden sowie eine limitierte Pharynxweite waren bei vertikalem und horizontalem Wachstumsmuster vorhanden. Ebenso waren diese funktionellen Störungen mit allen Bisslagen kombiniert.

Die Ruheweichteilbeziehungen, bestimmt durch die Zungenruhelage und die

Pharynxweite, sind ebenso unabhängig zwischen Kind und ähnlichem Elternteil. Sie beschränken sich auch nicht auf ein Rotationsmuster.

Allerdings lässt das hohe Vorkommen von veränderten Ruheweichteilbeziehungen der Kinder und ihrer unbehandelten Eltern (ähnliche und unähnliche Elternteile) die hypothetische Vermutung zu, dass ihre Einflüsse das Wachstum nicht nur als äußerer Faktor belasten, sondern dass sie u.U. selbst im Genotypus verankert sind. Dies weiter zu untersuchen, muss anderen Studien vorbehalten bleiben.

6. Mittels funktionskieferorthopädischer Therapie gelang die Bisslagekorrektur vollständig oder in wesentlichen Teilen bei allen Kindern. Die Ruheweichteilbeziehungen verbesserten sich dabei gleichzeitig in den meisten Fällen. Die interdentale Zungenlage erwies sich als sehr resistent. Ihre Korrektur wurde möglicherweise im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie nicht ausreichend konsequent verfolgt.

Die Ergebnisse der durchgeführten fernröntgenologischen Untersuchungen erlauben den Schluß, daß mit der in dieser Arbeit entwickelten Methodik der Ähnlichkeitsbestimmung zwischen Eltern und Kind mittels Symphysenvergleich, einer Strukturanalyse und der metrischen Kephalometrie eine sichere Vorhersage der Unterkieferrotation möglich ist. Bei dem Vorhandensein von Elternaufnahmen ist nach Burdach Berger- Witt (1976) bei 75 % der Kinder eine Ähnlichkeit mit einem Elternteil möglich.

Die Auswertung von Elternaufnahmen kann bei der Bestimmung des kraniofazialen Wachstumsmusters bei Kindern, deren diagnostische Prüfung keine eindeutige Beurteilung über das künftige Wachstumsverhalten zulässt, von großem Nutzen sein.

Ebenfalls hilft die Elternuntersuchung die Prognose zu sichern bei Kindern, deren Werte der metrischen Kephalometrie aufgrund von funktionellen Einflüssen mit den Strukturmerkmalen nicht übereinstimmen.

Für die praktische Kieferorthopädie werden Entscheidungen über das therapeutische Vorgehen erleichtert. Nur bei richtiger Prognose der Wachstumsrichtung können Therapiebeginn und kieferorthopädische Methoden folgerichtig definiert werden.

## 7. Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die Prognose des vertikalen Gesichtsschädelwachstums für die kieferorthopädische Therapie sicherer zu machen. Informationen aus dem Fernröntgenbild der Eltern sollten solche Parameter erkennbar machen, die eine Prognose der Wachstumsrotation des Kindes ermöglichen.

Im Literaturteil der Arbeit wird der derzeitige wissenschaftliche Stand über die Determination der Gesichtsschädelstrukturen, die möglichen Einflußfaktoren auf ihre Ausprägung sowie die Bestimmung erblicher Komponenten mit Zwillings- und Familienuntersuchungen vorgestellt.

In die Untersuchungen wurden Fernröntgenseitenbilder von 37 Kindern vor und nach kieferorthopädischer Behandlung sowie von deren beiden Eltern (31 Väter und Mütter) einbezogen. Um die Ähnlichkeit von Kindern und ihren Eltern und damit den erblichen Einfluß im Aufbau des Gesichtsschädels bestimmen zu können, wurde im ersten Teil der Untersuchung die Symphysenform der Probanden verglichen und nach Definition übereinstimmender Formmerkmale der ähnliche Elternteil bestimmt.

Im zweiten Teil der Untersuchung wurde die Bestimmung der Ähnlichkeit sowie der Prognose der Rotationsrichtung mit Hilfe der von Björk (1969) entwickelten strukturellen Analyse vorgenommen. Dabei wurden charakteristische Kennzeichen der Unterkiefermorphologie beurteilt.

Die Strukturmerkmale wurden in Anlehnung an Hasund (1974) in einem Punktesystem erfaßt, um daraus eine durchschnittliche Bewertung für jeden Probanden zu ermöglichen.

Im Rahmen der metrischen Kephalemetrie wurde der vertikale Gesichtsschädelaufbau im dritten Teil der Arbeit an sechs Winkeln (ML-NSL, ML-NL, SN-Gn, SN-Ba, Ar-Go-Me und N-Go-Me) sowie zwei Relationen (Index und FHR) bestimmt und damit die Unterkieferrotation charakterisiert.

Die Zuordnung zu einem Rotationstyp wurde aus der Kombination aller acht Variablen berechnet.

Sagittale Okklusionsbeziehungen flossen zusätzlich durch die Bestimmung der Bisslage und des Overjets ein. Der Overbite diente der vertikalen Relationsbestimmung im Bereich der Schneidezähne.

Eine Weichteilanalyse, die die Zungenruhelage im Anlehnung nach Rakosi (1988) und die Pharynxbreite in Anlehnung nach McNamara (2002) diente der Beurteilung funktioneller Faktoren anhand des Röntgenbildes.

Um zu prüfen, welche der Variablen für eine Rotationsprognose besonders geeignet sind, wurden Korrelationsberechnungen durchgeführt.

Die Ergebnisse aus dem durchgeführten Symphysenvergleich berücksichtigen die mögliche erbliche Komponente im Aufbau des Gesichtsschädels. Die Übereinstimmung der ermittelten Ergebnisse mit denen der beiden anderen Analysen bestätigt die Relevanz dieser Methode, besonders wegen ihrer einfachen und unkomplizierten Anwendung als Ergänzung und Unterstützung bei der Bestimmung der Unterkieferrotation.

Die strukturelle Methode erweist sich als eine gute Methode der Beurteilung der Unterkieferrotation auch in solchen Fällen, bei denen kein extremes vertikales oder horizontales Wachstumsmuster vorliegt.

Die Ergebnisse der metrischen Analyse bestätigen die Ergebnisse der strukturellen Analyse ohne deren hohe Korrelation zu erreichen. Aus der Studie lassen sich klare Aussagen postulieren:

Der Symphysenvergleich ist eine geeignete Methode im Rahmen einer Familienstudie den ähnlichen Elternteil definieren zu können. Die strukturellen Merkmale des Unterkiefers, wie sie Björk formuliert hat, erlauben eine gute Prognose der zu erwartenden Entwicklung des Wachstumsmusters bereits zu einem frühen Zeitpunkt des Zahnwechsels.

Anhand der metrischen Kephalometrie sind für eine Rotationsprognose die Winkel ML-NSL, ML-NL, der untere Kieferwinkel sowie das Gesichtshöhenverhältnis geeignet.

Die Ähnlichkeitsbestimmung und die Wachstumsprognose bezieht sich nur auf den vertikalen Gesichtsschädelaufbau. Auch nach Bisslagekorrektur behält die Prognose des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus seine Richtigkeit.

Die Ergebnisse der durchgeführten fernröntgenologischen Untersuchung erlauben den Schluß, daß mit der in der vorliegenden Familienstudie entwickelten Methodik (Symphysenvergleich, strukturelle und metrische Analyse, Weichteilanalyse) eine genaue Vorhersage der Unterkieferrotation bei Kindern im frühen Wechselgebissalter möglich ist. Wenn in "Grenzfällen" bei Kindern nicht eindeutig die Wachstumsrichtung zu definieren ist, bietet die Auswertung von Elternaufnahmen mit den vorgestellten Methoden eine sinnvolle Unterstützung. Das trifft zu, bei Kindern, deren anlagebedingtes Wachstumsmuster aufgrund von funktionellen Störungen metrisch nicht sicher erfassbar ist.

Die Bestimmung der Wachstumsrotation ist für den Kieferorthopäden von großer praktischer Bedeutung, weil es die für den Patienten geeignete Therapie ermöglicht.

## 8. Literaturverzeichnis

1. Altuna, G., Clar, E., Freisfeld, G., Schmuth, G.:  
Errors in determination of landmarks in connection with methodological problems  
in roentenographic growth studies.  
Trans. Europ. Orthod. Soc. (1971) 373-386
2. Arya, B.S., Savara, B.S., Clarkson, Q.D., Thomas, D.R.:  
Genetic variability of craniofacial dimensions.  
Angle Orthod. 43 (1973) 207-215
3. Asbell, M.B., Camden, N.J.:  
A study af the family-line transmission of dental occlusion.  
Am. J. Orthod. 39 (1969) 29-41
4. Bergersen, E.O.:  
The directions of facial growth from infancy to adulthood.  
Angle Orthod. 36 (1966) 18-43
5. Bischoff, P.:  
Überprüfung der mandibulären Rotation bei unbehandelten Klasse II/1 Fällen in  
einer longitudinalen Studie.  
Med. Diss. München 1980
6. Björk, A.:  
Prediction of mandibular growth rotation.  
Am. J. Orthod. 55 (1969) 585-599
7. Björk, A.:  
Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic  
study by the implant method.  
J. Dent. Res. 42 (1963) 400-411

8. Björk, A.:  
Facial growth in man, studied with the aid of metallic implants.  
Acta Odontol. Scand. 13 (1955) 9-34
9. Björk, A., Palling, M.:  
Adolescent age changes in sagittal jaw relation, a,veo:2-y prognathy and incisal inclination.  
Acta Odontol. Scand. 12 (1954) 201-232
10. Björk, A., Skieller, V.:  
Gesichtsentwicklung und Zahneruption Implantatstudien im Pubertäralter.  
Inf. Orthod. Kieferorthop. 4 (1977) 363-411
11. Borchers, W.:  
Zur Frage der Relationen zwischen dem Kieferbasiswinkel und dem Kieferwinkel als Grundlage für eine Wachstumsprognose.  
Med. Diss. Hamburg 1975
12. Brendemühl, M., Löhr, E., Langanka, I., Eichler, U., Drewes, K.:  
Gebißbefunde bei 25 eineiigen und 80 zweieiigen Zwillingen (klinische und röntgenologische Untersuchungsbefunde sowie Ergebnisse der Gebißmodelle und Fernröntgenbildvermessung).  
Med. Dipl.-Arbeit Rostock 1973
13. Burdach Berger, Witt:  
Vergleich zwischen Eltern und Kindern im Fernröntgenseitenbild und die Anwendung zur Vorhersage der Wachstumsrichtung des Unterkiefers.  
Med. Diss. Würzburg 1976
14. Byloff-Clar, H.:  
Exogene und endogene Ursachen der Zahn- und Kieferstellungsanomalien.  
Zahnärztl. Prax. 21 (1970) 187-196



15. Christiansen-Koch, S.:  
Familien- und Sippenuntersuchungen zur Frage der Vererbung des Deckbisses.  
Med. Diss. Berlin 1981
16. Cilasun, C.E.:  
Vergleichende Untersuchungen des Gesichtsschädelaufbaus bei Geschwistern  
anhand von Fernröntgenprofilaufnahmen.  
Med. Diss. Hamburg 1982
17. Corsten, R.:  
Vergleichende Untersuchungen über Kieferanomalien an 22 Kindern und deren  
Angehörigen.  
Med. Diss. Köln 1953
18. De Coster, L.:  
Eine neue Bezugslinie mit großer Genauigkeit zum Studium sagittaler  
Fernröntgenaufnahmen.  
Fortschr. Kieferorthop. 13 (1952) 49-56
19. De Coster, L.:  
Hereditary potentiality versus ambient factors Trans.  
Europ. Orthod. Soc. 27 (1951) 227-234
20. Droschel, H.:  
Der Einfluß der Erbmerkmale auf die kieferorthopädische Behandlung.  
Zahnärztl. Welt 83 (1974) 1036-1040
21. Dudas, M., Sassouni, V.:  
The heredity of mandibular growth, a longitudinal twin study.  
Angle Orthod. 43 (1973) 314-322
22. Durlak, C.M.:  
Der Stellenwert der Symphyse für die Wachstumsprognose des Unterkiefers.  
Med. Diss. Würzburg 1977

23. Duysens, V.:  
Über die Bildung und Form des menschlichen Kinns Fortschr.  
Kieferorthop. 13 (1952) 155-163
24. Eichler, R.:  
Zur Frage der disharmonischen Vererbung von Zahn- und Kiefergröße.  
Fortschr. Kieferorthop. 22 (1961) 94-99
25. Enlow, D.H., Harris, D.B.:  
A study of the postnatal growth of the human mandible.  
Am. J. Orthod. 50 (1964) 25-50
26. Fränkel, R.:  
Technik und Handhabung der Funktionsregler.  
VEB Verlag Volk und Gesundheit Berlin 1984
27. Gimpel, M.:  
Zur Diagnose und Prognose des horizontalen und vertikalen Wachstumstyps.  
Med. Diss. Frankfurt/M 1982
28. Goodman, H.D.:  
Genetic parameters of dentofacial development.  
J. Dent. Res. Supplement 44 (1965) 174-184
29. Grabowski, R.:  
Gesichtsschädelentwicklung beim Spaltträger. .Med. Habil. Rostock 1983
30. Grabowski, R.:  
Das Wachstumsmuster beim Spaltträger unter Berücksichtigung familiärer  
Disposition.  
Zahn-Mund-Kieferheilkd. 76 (1988) 588-593
31. Graf, H.:  
Zur Ätiologie der Dysgnathien.  
Stomatol. DDR 29 (1979) 638-646

32. Hanna, B.L., Turner, M.E., Hughes, R.D.:  
Family studies of the facial complex.  
J. Dent. Res. Supplement 42 (1963) 1322-1329
33. Harris, J.E., Kowalski, Ch.J., Watnik, S.S.:  
Genetic factors in the shape of the craniofacial complex.  
Angle Orthod. 43 (1973) 107-111
34. Harris, J.E., Kowalski, Ch.J.:  
All in the family: use of familial information in orthodontic diagnosis, case  
assessment, and treatment planning.  
Am. J. Orthod. 69 (1976) 493-510
35. Harris, J.E., Kowalski, Ch.J., Walker, S.J.:  
Intrafamilial dentofacial associations for Class II, Devision 1 probands.  
Am. J. Orthod. 67 (1975) 563-570
36. Harris, J.E.:  
Genetic factors in the growth of the head  
Inheritance of the craniofacial complex and malocclusion.  
Dent. Clin. N. Am. 19 (1975) 151-160
37. Hasse, V.:  
Kritische Bewertung von Wachstumsprognosen anhand von Fernröntgenbildern.  
Fortschr. Kieferorthop. 39 (1978) 316-323
38. Hasund, A.:  
Klinische Kephalemtrie für die Bergen - Technik Bergen, Norwegen 1974
39. Hausser, E.:  
Variabilität der Kinnform bie anatomisch korrektem Gebiß.  
Fortschr. Kieferorthop. 25 (1964) 192-202

40. Hausser, E.:  
Wachstumszonen und Wachstumszentren und ihre Bedeutung für die Morphogenese des Gesichtsschädels.  
Fortschr. Kieferorthop. 25 (1964) 318-326
41. Hausser, E.:  
Erbeinfluß und Gebißanomalien.  
Fortschr. Kieferorthop. 22 (1961) 72-84
42. Hausser, E.:  
Genotypische Bedingtheiten und Paravariationen im Aufbau des Gesichtsschädels.  
Fortschr. Kieferorthop. 37 (1976) 15-28
43. Hennis, I.:  
Kasuistischer Beitrag zur Frage der Erblichkeit von Bißanomalien.  
Stomatol. DDR 20 (1967) 32-38, 122-125
44. Hetzel, F.:  
Untersuchungen sagittaler und vertikaler Wachstumstendenzen bei unbehandelten Neutral- und Distalbißfällen als Grundlage einer Wachstumsprognose.  
Med. Diss. Hamburg 1973
45. Hirschfeld, W.J., Moyers, R.E.:  
Prediction of craniofacial growth: the state of the art.  
Am. J. Orthod. 60 (1971) 435-444
46. Hixon, E.H.:  
Prediction of facial growth.  
Trans. Europ. Orthod. Soc. 303 (1968) 127-139
47. Horowitz, S.L., Osborne, R.H., De George, F.U.:  
A cephalometric study of craniofacial variation in adult twins.  
Angle Orthod. 30 (1960) 1-5

48. Hunter, W.S.:  
A study of the inheritance of craniofacial characteristics as seen in lateral cephalograms of 72 like-sexed twins.  
Trans. Europ. Orthod. Soc. 41 (1965) 59-70
49. Hunter, W.S., Balbach, D.R., Lamphiear, B.A.:  
The heritability of attained growth in the human face.  
Am. J. Orthod. 58 (1970) 128-134
50. Jenatschke, F.:  
Wachstumsprognose retrospektiv.  
Fortschr. Kieferorthop. 38 (1977) 17-29
51. Jörgensen, G., Schulze, Ch.:  
Möglichkeiten einer klinisch-genetischen Analyse im Bereich der Kieferorthopädie.  
Fortschr. Kieferorthop. 34 (1973) 121-145
52. Klink-Heckmann, U., Dahl, T.:  
Paar-Vergleich der Gebißentwicklung bei eineiigen Zwillingen.  
Zahn-Mund-Kieferheilkd. 65 (1977) 762-769
53. Klink-Heckmann, U., Bredy, E.:  
Orthopädische Stomatologie.  
Johann Ambrosius Barth Leipzig 1980
54. Klink- Heckmann, U.:  
Bedeutung des Fernröntgenbildes für die kieferorthopädische Diagnostik.  
Stomatol. DDR 29 (1979) 122-127
55. Klink-Heckmann, U., Dahl, T., Grabowski, R., Möller, B.,  
Töwe, J.:  
Vergleichende Studie der Gesichtsschädelstrukturen bei unterschiedlichen Gebißfehlbildungen.  
Zahn-Mund-Kieferheilkd. 71 (1983) 230-237

56. Konzaczek, T., Lazarkiewicz, W.:  
Vierlinge aus Wroclaw, eine Analyse der Gesichts- und Gebißverhältnisse.  
Fortschr. Kieferorthop. 31 (1970) 415-420
57. Korkhaus, G.:  
Der Erbeinfluss im menschlichen Gebiss.  
Fortschr. Erbpatho. 4 (1940) 189-210
58. Korkhaus, G.:  
Erbmasse und Umwelt im Aufbau des Gesichtsschädels.  
Fortschr. Kieferorthop. 13 (1952) 97-114
59. Korkhaus, G.:  
Neue Zwillingsbefunde.  
Fortschr. Kieferorthop. 22 (1961) 164-185
60. Korkhaus, G.:  
Das Kinnproblem in kieferorthopädischer Sicht.  
Fortschr. Kieferorthop. 25 (1964) 153-163
61. Korkhaus, G.:  
Ein kieferorthopädisch interessantes Zwillingspaar.  
Fortschr. Kieferorthop. 32 (1971) 257-263
62. Kraus, B.S., Wise, W.J., Frei, R.H.:  
Heredity and the craniofacial complex.  
Am. J. Orthod. 45 (1959) 172-217
63. Krogmann, W.M.:  
The role of genetic factors in the human face, jaws and teeth: a review.  
The Eugenics Review 59 (1968) 165-192

64. Lande, M.J.:  
Growth behavior of the human bony facial profile as revealed by serial cephalometric roentgenology.  
Angle Orthod. 22 (1952) 78-90
65. Lavergne, J., Gasson, M.  
A metal implant study of mandibular rotation Angle Orthod. 46 (1976) 144-150
66. Levering, M.:  
Gebißform und Gesichtsschädelaufbau bei Zwillingen.  
Med. Diss. Würzburg 1968
67. Lieb, G.:  
Kinnform und Gebißenomalien.  
Fortschr. Kieferorthop. 25 (1964) 203-212
68. Lieb, G.:  
Untersuchungen über die Variationen im Aufbau des Gesichtsschädels und ihren korrelativen Zusammenhang mit der individuellen Form des Kauorgans bei Gebißenfehlbildungen.  
Fortschr. Kieferorthop. 27 (1966) 276-326
69. Linden, F.P.G.M, van der:  
Genetic and environmental factors in dentofacial morphology.  
Am. J. Orthod. 52 (1966) 576-584
70. Loevy, H.T.:  
Clinical and genetic considerations in craniofacial malformations.  
Quintessence Int. Dent. Dig. 14 (1983) 1147-1156
71. Luder, H.:  
Heredität des Gesichtsschädelmusters und Wachstumsvoraussage.  
Die Bedeutung der Familienanamnese in Klasse III-Fällen.  
Schweiz. Monatsschr. Zahnheilkd. 87 (1977) 257-267

72. Lulla, P., Gianelli, A.:  
The mandibular plane and mandibular rotation.  
Am. J. Orthod. 70 (1976) 567-571
73. Lundström, A.:  
The importance of genetic and nongenetic factors on the facial skeleton studied in 100 pairs of twins.  
Trans. Europ. Orthod. Soc. 30 (1954) 92-107
74. Maj, G., Luzi, C., Lucchese, P.:  
Relations between mandibular growth and mandibular features.  
Trans. Europ. Orthod. Soc. 39 (1963) 303-308
75. Maj, G., Luzi, C.:  
Longitudinal study of mandibular growth between nine and thirteen years as a basis for an attempt of its prediction.  
Angle Orthod. 34 (1964) 220-230
76. Markovic, M.:  
Die Bedeutung human-genetischer Forschungen für die Beurteilung der Ätiologie von Zahnstellungs- und Bißunregelmäßigkeiten.  
Zahn-Mund-Kieferheilkd. 66 (1978) 28-37
77. Moorrees, C.F.A., Neumann, B.:  
Der heutige Stand der Forschung über Okklusionsanomalien.  
Fortschr. Kieferorthop. 34 (1973) 182-198
78. Moorrees, C.F.A.:  
Genetische Gesichtspunkte der Gebißentwicklung Fortschr. Kieferorthop. 22 (1961) 269-285
79. Nakata, M., Yu, P., Davis, B., Nance, W.E.  
The use of genetic data in the prediction of craniofacial dimensions.  
Am. J. Orthod. 63 (1973) 471-480



80. Nakata, M., Yu, P., Davis, B., Nance, W.E.:  
Genetic determinants of cranio-facial morphology: a twin study.  
Ann. Hum. Genet. 37 (1974) 431-443
81. Odegaard, J.:  
Growth of the mandible studied with the aid of metal implants.  
Am. J. Orthod. 58 (1970) 448-454
82. Odegaard, J.:  
Mandibular rotation studied with aid of metal implants.  
Am. J. Orthod. 58 (1970) 448-454
83. Osborne, R.H.:  
Respective role of twin, sibling, family and population methods in dentistry and medicine.  
J. Dent. Res. Supplement 42 (1963) 1276-1287
84. Petrovic, A., Stutzmann, J.:  
Tierexperimentelle Untersuchungen über das Gesichtsschädelwachstum und seine Beeinflussung. Eine biologische Erklärung der sogenannten Wachstumsrotation des Unterkiefers.  
Fortschr. Kieferorthop. 40 (1979) 1-24
85. Rakosi, Th.:  
Über die Methodik der Fernröntgenanalyse in der Kieferorthopädie.  
Schweiz. Monatsschr, Zahnheilkd. 79 (1969) 415-425
86. Rakosi, Th.:  
Über die Schädelbasisbezüglichen Rotationen des Unterkiefers.  
Fortschr. Kieferorthop. 33 (1972) 177-186
87. Rakosi, Th.:  
Atlas und Anleitung zur praktischen Fernröntgenanalyse.  
Carl Hanser Verlag München/Wien 1988

88. Rassel, R.E.:  
Sippenuntersuchungen als Beitrag zur Ätiologieforschung der Angle-Klasse II,1.  
Med. Diss. Gießen 1978
89. Reck, K.B., Miethke, R.-R.:  
Zur Notwendigkeit des Summenwinkels nach Björk (Jarabak).  
Prakt. Kieferorthop. 5 (1991) 61-64
90. Ricketts, R.M.:  
Wachstumsvorhersage.  
Inf. Orthod. Kieferorthop. 1 (1977) 29-49 Inf. Orthod. Kieferorthop. 3 (1978) 293-330
91. Salzmann, J.A.:  
Die Rolle von genetischen und Umweltfaktoren bei der kieferorthopädischen Therapie.  
Fortschr. Kieferorthop. 38 (1977) 3-16
92. Salzmann, J.A.:  
Effect of molecular genetics and genetic engineering on the practice of orthodontics.  
Am. J. Orthod. 61 (1972) 437-472
93. Sassouni, V., Nanda, S.:  
Analysis of dentofacial vertical proportions.  
Am. J. Orthod. 50 (1964) 801-823
94. Saunders, S.R., Popovich, F., Thompson, G.W.:  
A family study of craniofacial dimensions in the Burlington Growth Centre sample.  
Am. J. Orthod. 87 (1980) 394-403
95. Schopf, P.:  
Zur Prognose des vertikalen Wachstumstyps.  
Fortschr. Kieferorthop. 43 (1982) 271-281

96. Schudy, F.F.:  
The rotation of the mandible resulting from growth: its implications in orthodontic treatment.  
Angle Orthod. 35 (1965) 36-50
97. Schulze, Ch.:  
Lehrbuch der Kieferorthopädie II.  
Quintessenz Verlags-GmbH Berlin, Chicago, Tokio und Rio de Janeiro 1982
98. Schulze, Ch.:  
Aufgabe und Methodik humangenetischer Forschungen im Rahmen der Kieferorthopädie.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 28 (1973) 380-384, 474-480, 570-579
99. Schulze, Ch.:  
Erbanlage und Rezidiv.  
Zahnärztl. Welt 78 (1969) 633-641
100. Schulze, Ch., Wiese, W.:  
Zur Vererbung der Progenie.  
Fortschr. Kieferorthop. 26 (1965) 213-229
101. Schwarz, A.M.:  
Die Funktion als Schrittmacher der Erbanlagen.  
Fortschr. Kieferorthop. 16 (1955) 42-47
102. Schwarz, A.M.:  
Lehrgang der Gebißregelung, Band 1.  
Urban und Schwarzenberg, Wien-Insbruck (1961)
103. Segner, D., Hasund, A.:  
Individualisierte Kephalometrie.  
Hama Dont Verlag und Vertrieb Hamburg 1991

104. Sergl, H.G.:  
Wachstum und Wachstumsvorhersage.  
Fortschr. Kieferorthop. 39 (1978) 201-211
105. Sergl, H.G.:  
Bedeutung der Funktion für den vertikalen Gesichtsaufbau.  
Fortschr. Kieferorthop. 34 (1973) 199-211
106. Skopakowa, K.:  
Über die exogenen Einwirkungen in der Ätiologie der ZahnKiefer-  
Deformierungen.  
Fortschr. Kieferorthop. 38 (1977) 213-224
107. Stein, K.F., Kelley, T.J., Wood, E.:  
Influence of heredity in the etiology of malocclusion.  
Am. J. Orthod. 42 (1956) 125-141
108. Tammoscheit, U.-G.:  
Klinisch-genetische Untersuchungen zur sogenannten AngleKlasse II,1.  
Fortschr. Kieferorthop. 37 (1976) 119-128
109. Trauner, R., Byloff-Clar, H., Stepantschitz, E.:  
Die Vererbung und Entwicklung der Zahn- und Kieferstellungsanomalien.  
Fortschr. Kieferorthop. 22 (1961) 1-71
110. Watnik, S.S.:  
Inheritance of craniofacial morphology.  
Angle Orthod. 42 (1972) 339-351
111. Wenzel, R.:  
Die Bißhebung: Behandlungserfolg und -mißerfolg unter Beurteilung von  
Fernröntgenseitenbilder.  
Fortschr. Kieferorthop. 37 (1976) 302-309

112. Westphal, M.:  
Zur Frage der mandibulären Rotation. Untersuchungen an Fernröntgen -  
Profilaufnahmen von Probanden mit anatomisch korrekter Okklusion.  
Med. Diss. Hamburg 1976
113. Wylie, W.L.:  
A quantitative method for the comparison of cranio-facial patterns in different  
individuals: its application to a study of parents and offspring.  
Am. J. Anat. 74 (1944) 39-60
114. Ziegmayer, G.:  
Die individuelle Variabilität des Gesichtsschädels und ihre genetischen  
Grundlagen.  
Fortschr. Kieferorthop. 34 (1973) 6-22

## **Erklärung**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der von mir angegebenen Literatur und Hilfsmittel benutzt habe.

Ferner erkläre ich, dass diese Dissertation von mir nicht vorher oder gleichzeitig bei einer weiteren Fakultät eingereicht wurde.

Rostock, im März 2009

Zusammenfassung der Arbeit in

**T H E S E N**

zur Verteidigung der Inauguraldissertation  
über das Thema:

**"Wachstumsprognose im Rahmen einer Familienuntersuchung - eine  
Langzeitstudie"**

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock

von

**Zahnarzt Ibrahim Jouni**

Damaskus (Syrien)

Rostock 2009

## **Wachstumsprognose im Rahmen einer Familienuntersuchung - eine Langzeitstudie**

### **Thesen:**

1. Mit der Familienstudie soll die Prognose des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus des Kindes im jungen Wechselgebissalter aus dem Fernröntgenbild der Eltern geprüft werden. Die Aussagesicherheit der Prognose wurde am Ende der Gebissentwicklung und des Wachstums auf ihre Sicherheit geprüft. Außerdem galt es den Einfluss der kieferorthopädischen Therapie auf die Prognose zu untersuchen.
2. Für die eigene Untersuchung wurden 31 Familien mit Vater und Mutter und ihren 37 Kindern ausgewertet. Die Kinder befanden sich zum ersten Untersuchungszeitpunkt im Alter von 9,1 Jahren. Bei allen stand eine kieferorthopädische Therapie bevor. Beim zweiten Untersuchungszeitpunkt betrug das Durchschnittsalter 14,2 Jahre.
3. Um eine Ähnlichkeit und damit den Erbeinfluss im Gesichtsschädelaufbau der Kinder mit ihren Eltern bestimmen zu können, wurde die Symphysenform verglichen. Aufgrund übereinstimmender definierter Formmerkmale wurde der ähnliche Elter bestimmt. Das waren Form und Neigung der Symphyse sowie die Dicke der Cortikalis.
4. Nach der Ähnlichkeitsbestimmung wurde die Prognose der Rotationsrichtung der Kinder in Anlehnung an die von Björk (1969) entwickelte und von Hasund (1974) quantitativ bewertete strukturelle Analyse durchgeführt.
5. Nach dem Symphysenvergleich und der strukturellen Analyse wurden im Rahmen der metrischen Kephalemetrie sieben Winkel (ML-NSL, ML-NL, SN-Gn, SN-Ba, Ar-Go-Me und N-Go-Me) sowie zwei Relationen (Index und FHR) ausgewertet, die eine metrische Charakterisierung der Unterkieferrotation (Metrische Analyse) gestatten.
6. Eine Weichteilanalyse erfolgte für die Bestimmung der Zungenruhelage und der Pharynxweite. Die Okklusionsbeziehungen wurden als Bisslage nach Angle Klassen und als Overjet und Overbite anhand des Fernröntgenseitenbildes bestimmt.
7. Um eine Aussage über die Ähnlichkeit zwischen den Eltern und ihren Kindern zu



machen wurden 6 Vergleichsgruppen zwischen Eltern und ihren Kindern gebildet. Diese Gruppen wurden bezüglich ihrer Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit nach dem Symphysenvergleich zum ersten Untersuchungszeitpunkt K1 in Anlehnung an Burdach, Berger und Witt (1976) untersucht.

8. Nach der strukturellen Analyse konnten den Strukturmerkmalen ein hoher Stellenwert in Bezug auf die Bestimmung der Ähnlichkeit zwischen ähnlichem Elternteil und Kind zugeordnet werden. Der Form der Symphyse und der untere Rand der Mandibula wiesen die größte Korrelation.
9. Im Gegenteil zur strukturellen Analyse bietet die metrische Analyse eine unsichere Prognose im frühen Kindesalter. Die Winkel N-Go-Me, ML-NSL und die Relation der Gesichtshöhen (FHR) Wert haben die beste Korrelation aufgewiesen.
10. Die Ergebnisse der Ähnlichkeitsbestimmungen und der durchgeführten Korrelationsrechnungen bei Kindern und Eltern beweisen eine erbliche Komponente im vertikalen Aufbau des Gesichtsschädels, das ist das Rotationsverhalten der Mandibula.
11. Bei Probanden, die eine eindeutige Ausprägung der zu beurteilenden Strukturen des Unterkiefers zeigten, erwies sich die strukturelle Analyse ohne Zweifel als die beste Methode bei der Beurteilung des weiteren Verlaufs der Unterkieferrotation.
12. Die Bisslage erwies sich nahezu unabhängig vom vertikalen Gesichtsschädelaufbau, ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Klasse II Anomalien mit einer tiefen Zungenruhelage war feststellbar.
13. Für Kinder, bei denen aus dem eigenen Fernröntgenseitenbild das künftige Wachstumsmuster nicht eindeutig zu bestimmen ist, stellt die Auswertung von Elternaufnahmen mit den vorgestellten Methoden eine gute Möglichkeit dar, bei sogenannten "Grenzfällen", also bei Kindern, die nicht eindeutig der einen oder anderen Wachstumsrichtung zuzuordnen sind, das zu erwartende Wachstum zu bestimmen. Die niedrigen Kosten und die geringe Strahlenbelastung rechtfertigen zur Absicherung der Wachstumsprognose die Anfertigung einer Elternaufnahme.
14. Für die praktische Kieferorthopädie können Entscheidungen über das weitere therapeutische Vorgehen erleichtert werden. Nur bei einem sicher bestimmten Wachstumsmuster können Prognose und Therapie klar definiert werden, so dass Patient und Behandler vor "Überraschungen" weitgehend geschützt sind.
15. Auch die Prognose der kieferorthopädischen Therapie kann durch die Prognose der Wachstumsvorhersage sicherer bestimmt werden.